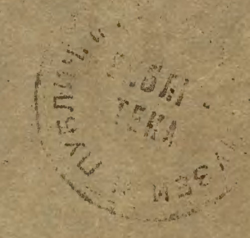
НАЧАЛЬНЫЯ ОСНОВАНІЯ

ФИЗИКИ,

ИЗЛОЖЕННЫЯ

Н. Т. ЩЕГЛОВЫМЪ,

для начинающихъ.



Felix, qui potuit rerum cognoscere causas.
Virg. Georg. lib. II.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ,
ПЕЧАТАНО ВЪ ТИПОГРАФІИ Х. ГИНЦЕ.
1834.

ПЕЧАТАТЬ ПОЗВОЛЯЕТСЯ:

съ тѣмъ, чтобы по напечатаніи были представлены въ Цензурный комитетъ три экземпляра. Санктпетербургъ, Марта 15 дня 1834 года.

Цензоръ А. Крыловъ.

СОДЕРЖАНІЕ.

ВСТУПЛЕНІЕ.

О дѣйствіи силъ непрерывныхъ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

О силахъ, дѣйствующихъ непрерывно въ тѣлахъ природы

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О расширительной силѣ теплорода.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Разсмотрѣніе нѣкоторыхъ частныхъ свойствъ твердыхъ тѣлъ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Употребленіе твердыхъ тѣлъ для передачи и измѣненія дѣйствія силъ, или для составленія машинъ.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О ТѢЛАХЪ КАПЕЛЬНЫХЪ.

ГЛАВА ОСЬМАЯ.

О нѣкоторыхъ частныхъ свойствахъ капельныхъ тѣлъ.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

О движеніи капельныхъ жидкостей.

(Гидродинамика)

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

О тѣлахъ воздухообразныхъ вообще.

О равновѣсіи воздуха и газовъ, подверженныхъ одному дѣйствію тяжести.

(Аэростатика).

О парахъ.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

О движеніи тѣлъ воздухообразныхъ.

(Аэродинамика).

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

О дрожательномъ движеніи тѣлъ, и въ особенности о звукѣ (Акустика).

О дрожаніи струнъ.

НАЧАЛЬНЫЯ ОСНОВАНІЯ ФИЗИКИ

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

ОТДѢЛЕНІЕ ПЕРВОЕ.

О свѣтѣ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О свѣтѣ вообще.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Объ отраженіи свѣта (Катоптрика)

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

О прохождении свѣта сквозь прозрачныя тѣла. (Діоптрика).

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О разложеніи свѣта.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Примѣненіе законовъ преломленія свѣта къ изъясненію зрѣнія, и къ устроенію микроскоповъ и телескоповъ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О прохожденіи свѣта сквозь тѣла окристаллованныя, и о поляризаціи свѣта.

ОТДѢЛЕНІЕ ВТОРОЕ

О движеніяхъ теплорода.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Свободное распространеніе теплорода.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Ближайшее разсмотрѣніе обстоятельствъ, имѣющихъ вліяніе на переходъ тѣлъ къ равновѣсію въ температурѣ.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

A. *О соединеніи теплорода съ тѣлами, когда онѣ перемѣняютъ свое состояніе.*

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ОТДѢЛЕНІЕ ТРЕТІЕ

Объ электричествѣ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Объ электричествѣ, возбуждаемомъ треніемъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Объ атмосферномъ электричествѣ.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Объ электричествѣ, возбуждаемомъ прикосновеніемъ тѣлъ.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКІЯ ЯВЛЕНІЯ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

О МАГНИТИЗМѢ.

ВСТУПЛЕНІЕ.

Все, что существуетъ въ пространствѣ, и можетъ, подлежать нашему ощущенію, называется *матеріею*, *веществомъ*. Часть матеріи, существующей въ опредѣленномъ объемѣ, называется *вещественнымъ* (физическимъ) *тѣломъ*.

Матерія состоитъ въ безусловной зависимости отъ особенныхъ неизвѣстныхъ намъ дѣйствователей, которые могутъ сообщать ей движеніе, и производить въ тѣлахъ различныя измѣненія. Сіи дѣйствователи называются *силами*; такимъ образомъ сила магнита притягиваетъ желѣзо, огонь плавитъ и превращаетъ въ пары. Всякія измѣненія, замѣчаемыя въ тѣлахъ, называются *явленіями*.

Силы всегда сопровождаютъ матерію, и, по видимому, изъ оной обнаруживаютъ свое дѣйствіе. Отъ различнаго проявленія ихъ дѣятельности, мы приписываемъ матеріи различныя качества, и допускаемъ бытіе различныхъ веществъ.

Свойствами тѣлъ называются всякіе признаки, посредствомъ коихъ выражается ихъ бытіе, состояніе или дѣйствіе.

Совокупность всѣхъ матерій, тѣлъ и силъ имъ врожденныхъ составляетъ *природу* или *тѣлесный міръ*.

Наука же, руководствующая къ познанію природы называется *Всеобщею Физикою*. Ея цѣль состоитъ въ томъ, чтобъ изложить систематически всѣ явленія тѣлеснаго міра въ органической ихъ между собою связи, и показать имъ истинныя причины.

Познаніе явлений природы приобрѣтается только *опытностію*, имянно: изъученіемъ Естественной Исторіи; наблюденіемъ явленій, совершающихся въ самой природѣ безъ всякаго съ нашей стороны участія; и наблюденіемъ явленій, открываемыхъ посредствомъ *Физическихъ опытовъ*.

Опытомъ называется искусственное приведеніе тѣлъ въ такое состояніе, при коемъ бы онѣ показывали намъ, въ маломъ видѣ, какія нибудь явленія природы. Для произведенія опытовъ употребляетъ физикъ особыя тѣла, орудія, машины, коими бы можно было *ясно* и *удовлетворительно* производить явленія. Сіи-то орудія составляютъ физическій кабинетъ, который необходимъ, какъ для того, чтобы показывать учащимся тѣ явленія природы, на коихъ разумъ надѣжно можетъ основывать свои сужденія, такъ и для того, чтобы учащій могъ усовершенствовать свои познанія въ дѣйствіяхъ силъ природы, дѣлать изслѣдованія, и повѣрять открытія другихъ. Такой кабинетъ постоянно долженъ быть улучшаемъ и пополняемъ сообразно съ настоящимъ состояніемъ науки (*).

(*) Въ тѣхъ школахъ, гдѣ находятся бѣдныя собранія старинныхъ и обветшалыхъ физическихъ инструментовъ, рѣдко физика дѣлается совершеннѣе своего кабинета; ибо она становится постылою для учениковъ, и отнимаетъ всѣ надѣжды у учителя.

Чтожъ касается до открытія истинныхъ причинъ, то оно производится только *здравымъ сужденіемъ*: потому что первоначальныя причины явленій суть тѣ сокрытыя силы, о существованіи коихъ мы заключаемъ только изъ видимыхъ дѣйствій, производимыхъ оными.

Замѣчая, что всякое тѣло, подвергаемое дѣйствію силъ при одинакихъ обстоятельствахъ, получаетъ всегда одинакія измѣненія, мы заключаемъ, что ихъ дѣятельность ограничена неизмѣнными постановленіями, кои называются *законами природы.*

Познаніе законовъ природы весьма важно для натуралиста, и открытіе оныхъ составляетъ всю цѣль его изслѣдованій. Ибо оно приводитъ его въ состояніе, уже безъ дѣйствительнаго разсматриванія, говорить о вещахъ то, что имъ необходимо принадлежитъ; оно-то руководствуетъ умъ естествоиспытателя къ начертанію теоріи, въ которой онъ старается указать причины явленій, т. е. открыть силы и опредѣлить ихъ свойства. Поставляя себѣ за правило, что *только самыя общія явленія міра съ неизмѣняемыми ихъ законами могутъ быть вѣрнымъ выраженіемъ основныхъ его силъ*, физикъ полагаетъ сіи явленія въ основаніе своихъ теорій; потомъ разыскиваетъ постепенную зависимость между *общими* и *частными* явленіями; и нашедши оную принимаетъ однѣ явленія для изъясненія другихъ имъ подчиненныхъ, и называетъ ихъ *ближайшими* или вторичными причинами сихъ послѣднихъ (напр. поднимание воды въ насосахъ изъясняютъ давленіемъ воздуха; гдѣ давленіе воздуха не есть причиною первоначальною).

Часто случается, что между явленіями не бываетъ открыто столько отношеній, чтобы по онымъ было можно открыть ихъ зависимость отъ общихъ явленій

природы, и опредѣлить ближайшую причину, ихъ производящую; въ такомъ случаѣ надлежитъ ее угадывать и повѣрять, то есть дѣлать, *предположенія*, однако же такія, кои бы лучшимъ образомъ изъясняли явленія, и не противорѣчили ничему дознанному. Хотя предположенія и не могутъ стоять на ряду съ истинными причинами; однакоже могутъ служить съ великою пользою для соображенія явленій, и для удержанія открытой между ими связи.

Всеобщая Физика представляетъ обширнѣйшій рядъ познаній, и раздѣляется на многія частныя науки, изъ коихъ главнѣйшія суть: Астрономія, Естественная Исторія, Физика, Химія и Физіологія.

Астрономія научаетъ опредѣлять относительныя положенія, форму, величину, взаимныя разстоянія и законы движенія тѣлъ небесныхъ.

Естественная Исторія описываетъ наружные и отличительнѣйшіе внутренніе признаки тѣлъ неорганическихъ и органическихъ земли нашей, и по онымъ располагаетъ ихъ въ систематическомъ порядкѣ. Она раздѣляется на *Минералогію*, *Ботанику* и *Зоологію*.

Физика или *Физическая Механика* излагаетъ самыя общія свойства тѣлъ, не касаясь ихъ внутренняго состава; разсматриваетъ только тѣ ихъ взаимныя дѣйствія, отъ коихъ природа оныхъ тѣлъ не измѣняется; открываетъ общіе законы сихъ дѣйствій, и такимъ образомъ руководствуетъ къ изъясненію всѣхъ явленій отъ сего зависящихъ. При настоящемъ состояніи познаній, Физика сдѣлалась почти вся наукою математическою: только для начальнаго обученія можно избѣгать математическаго изложенія оной, а довольствоваться однѣми опытными показаніями законовъ природы.

Къ Физикѣ относится *Метеорологія* или наука о явленіяхъ, случающихся въ земной атмосферѣ, каковы: происхожденіе облаковъ, дождя, радуги, вѣтровъ, и пр.

Химія занимается опредѣленіемъ началъ, тѣла составляющихъ, изслѣдываетъ свойства сихъ началъ по ихъ взаимнымъ дѣйствіямъ, и такимъ образомъ руководствуетъ къ открытію законовъ дѣйствія разнородныхъ началъ одного тѣла на разнородныя начала другихъ тѣлъ.

Физіологія, разсматривая организмъ растеній и животныхъ, и разныя отправленія въ немъ совершающіяся, изслѣдуетъ естественныя силы, дѣйствующія на органическую природу, и руководствуетъ къ изъясненію явленій растительной и животной жизни, каковы суть: разверзаніе, возрастаніе, питаніе, и проч.

Всѣ сіи отрасли Естествопознанія, кромѣ истиннаго просвѣщенія ума, служатъ основаніемъ многихъ полезнѣйшихъ искусствъ, отъ коихъ зависитъ улучшеніе народной промышленности и возвышеніе народнаго богатства, каковы суть: мореплаваніе, военныя искусства, художественная механика, зодчество, горное искусство, пробирное искусство, металлургія, медицина, лѣсоводство, земледѣліе, красильное искусство, дѣланіе стекла, посуды, кращеніе, и проч.

НАЧАЛЬНЫЯ ОСНОВАНІЯ
ФИЗИКИ.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Раздѣленіе веществъ по ихъ основнымъ силамъ.

1. Всѣ вещества и тѣла природы различаются по ихъ основнымъ силамъ на взвѣшиваемыя и невзвѣшиваемыя. *Матеріи взвѣшиваемыя* суть тѣ, кои, повинуясь взаимному притяженію частей своихъ, образуютъ тѣла осязаемыя, кои можно удерживать въ чемъ нибудь, и можно измѣрять и взвѣшивать: таковы всѣ тѣла земли нашей какъ твердыя, такъ и жидкія. *Веществами невзвѣшиваемыми* называются начала теплоты, свѣта, электричества, столь тонкія, что ихъ ни въ какомъ сосудѣ мы удержать не въ состояніи. Онѣ, по видимому, вовся не составляютъ тѣлъ осязаемыхъ, не подлежатъ взвѣшиванію, и коихъ отношенія какъ между собою такъ и къ тѣламъ вѣсомымъ еще недовольно извѣстны.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О вѣсомыхъ тѣлахъ и ихъ общихъ свойствахъ.

2. Возвѣшиваемыя тѣла представляются намъ преимущественно въ трехъ состояніяхъ, по коимъ онѣ раздѣляются на твердыя, капельножидкія и воздухообразныя. *Твердымъ тѣломъ* называется то, которое столь крѣпкую связь имѣетъ между своими частями, что удерживаетъ данную ему форму, какова бы она ни была. *Тѣло капельно-жидкое*, имѣетъ столь малую связь въ своихъ частяхъ, что бывъ положено на горизонтальную плоскость, разливается по оной въ видѣ горизонтальнаго слоя. *Тѣло воздухообразное* не представляетъ никакой связи въ частяхъ своихъ, и стремится расшириться во всякомъ свободномъ пространствѣ.

3. *Общими свойствами* тѣлъ называются такія ихъ принадлежности, кои во всѣхъ тѣлахъ замѣчаются. Онѣ зависятъ : 1) отъ бытія матеріи, 2) отъ ея отношенія къ внѣшнимъ силамъ, 3) отъ силъ врожденныхъ ей, и 4) отъ взаимнаго отношенія силъ внутреннихъ и внѣшнихъ, таковы суть : протяженность, непроницаемость, скважность, дѣлимость, формализмъ, самодѣйственность, движимость, взаимное притяженіе, расширяемость, упругость, и проч.

Протяженность.

4. Въ природѣ всякое тѣло занимаетъ опредѣленную часть пространства, и сіе свойство тѣлъ называется *протяженностію.* Часть пространства, занимаемая тѣломъ, называется его *объемомъ*, *величиною.* Какъ объемъ всякаго даже малѣйшаго тѣла имѣетъ три конечныхъ измѣренія, длину, ширину и глубину, то и части матеріи составляющія оное, какъ бы онѣ тонки

ни были, должны имѣть сіи при измѣренія. *Фигурою* или *формою* тѣла называется видъ поверхности онаго.

О протяженіяхъ тѣлъ и ихъ взаимныхъ между собою отношеніяхъ разсуждаетъ Геометрія; и предварительное познаніе оной необходимо даже для начальнаго обученія физики.

Непроницаемость (несовмѣстимость).

5. Непроницаемость есть такое общее свойство матеріи и тѣлъ, по коему двѣ матеріальныя частички, равно какъ и два тѣла, не могутъ въ одно время занимать одного и тогоже мѣста; и ежели одно тѣло занимаетъ мѣсто другаго, то не иначе, какъ вытѣснивъ или сдвинувъ сіе послѣднее съ того мѣста. Сіе то свойство дѣлаетъ намъ тѣла *ощутимыми*; имъ собственно всякое физическое тѣло отличается отъ тѣлъ геометрическихъ, кои могутъ быть между собою совмѣщаемы.

Въ непроницаемости твердыхъ тѣлъ удостовѣряетъ насъ уже одно осязаніе, которое состоитъ въ ощущеніи сопротивленія отъ встрѣчаемыхъ нами тѣлъ. Непроницаемость оныхъ тѣлъ издавна послужила человѣку для строенія укрѣпленій, домовъ, орудій, сосудовъ, и проч.

Жидкости капельныя также непроницаемы : ибо, ежели заключить такую жидкость въ трубку, съ одного конца запаянную, и посредствомъ поршня, плотно входящаго въ трубку, будемъ на нее производить давленіе, желая помѣстить въ одномъ пространствѣ поршень и жидкость; то увидимъ, что она не позволяетъ занять своего мѣста, пока не будетъ вытѣснена, и величайшее оказываетъ сопротивленіе сжатію.

И тѣла воздухообразныя также состоятъ изъ матеріи непроницаемой. Ибо почти всѣ онѣ отъ сильнаго сжатія и охлажденія переходятъ въ капельныя жидкости, коихъ непроницаемость уже доказана. Нѣкоторые газы хотя и не переведены еще въ капельное состояніе; но и они, будучи сжимаемы, хотя уменьшаются въ объемѣ, но тѣмъ сильнѣе обнаруживаютъ сопротивленіе сжатію, чѣмъ сила ихъ сжимающая будетъ значительнѣе. Сіе свойство объясняетъ намъ, почему вода не можетъ войти въ стаканъ, погружаемый въ нее отверзтіемъ; на семъ же свойствѣ основано устроеніе *водолазнаго колокола*.

Вбиваніе гвоздей въ твердыя тѣла, утопаніе тѣлъ въ жидкостяхъ, и движеніе тѣлъ въ воздухѣ нисколько не противорѣчатъ ихъ непроницаемости : ибо гвоздь, вколачиваемый въ дерево раздвигаетъ его части въ стороны, тѣла, утопающія въ водѣ и движущіяся въ воздухѣ, вытѣсняютъ изъ того пространства воду или воздухъ, въ которое перемѣщаются. — Хотя и есть много тѣлъ (напр. грецкая губка, дерево, сахаръ, кожи, и проч.), кои могутъ вбирать въ себя воду и другія жидкости; но это зависитъ отъ того, что между частями тѣлъ есть промежутки, не занятые собственною матеріею оныхъ тѣлъ, куда и могутъ входить постороннія вещества.

Дѣлимость.

6. Мы не находимъ на землѣ ни одного тѣла примѣтной величины, которое бы нельзя было раздѣлить на многія части; а изъ сего заключаемъ, что *дѣлимость* есть общее свойство какъ матеріи такъ и тѣламъ. Въ семъ свойствѣ удостовѣряемся мы подвергая тѣла

механическимъ и химическимъ средствамъ дѣленія ихъ на части. *Механическое дѣленіе* тѣла есть ничто иное, какъ размельченіе онаго на части одинакой природы съ тѣломъ; оно производится разрываніемъ, разрѣзываніемъ, ударомъ, давленіемъ, растираніемъ, и проч. *Химическое-же дѣленіе* производится раствореніемъ тѣлъ, разложеніемъ ихъ на составляющія начала, и превращеніемъ въ пары и газы. Сими-то средствами дѣленія мы доходимъ до многихъ важнѣйшихъ свойствъ матеріи:

а. *Величина частицъ.* Механическое и химическое дѣленіе открываетъ намъ, что частички матерій столь малы, что о величинѣ ихъ мы не можемъ себѣ составить никакого понятія. Слѣдующіе примѣры доказываютъ ясно чрезвычайную дѣлимость тѣлъ, и не вообразимую тонкость матеріи:

Ежели одною унціею золота позолотить серебренный цилиндръ въ 22 дюйма длиною и въ $1\frac{1}{2}$ линіи въ діаметрѣ; то можно изъ него вытянуть тонкую нить въ 462 верстъ (около) длиною, которая будетъ казаться вся позолоченою. На сей нити можно будетъ насчитать болѣе 4600 милліоновъ видимыхъ частей золота, на кои раздѣляется одна унція онаго.

Растворенiе показываетъ еще бо́льшую дѣлимость растворяющихся тѣлъ. Извѣстно, что однимъ граномъ кармина или Берлинской лазури можно окрасить до 20 фунтовъ воды. Въ каждой малой каплѣ сего раствора будетъ находиться хотя одна частичка красильнаго вещества; но сколько таковыхъ капель можно насчитать въ 20 фунтахъ воды?

Испареніе тѣлъ несравненно лучше показываетъ намъ чрезвычайную тонкость матеріи, такъ и великую дѣлимость оной. Капля эфира, либо терпентиннаго масла

(скапидара), положенная на столъ, испарясь, можетъ своимъ запахомъ наполнить большую залу. А запахъ происходитъ отъ непосредственнаго дѣйствія частицъ испарившейся капли на органъ обонянія; слѣдоват. и проч. Пахучія начала амбры и мускуса еще тонѣе извѣстныхъ паровъ и газовъ : ибо кусочикъ мускуса можетъ въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ распространять изъ себя пахучее начало, не получая отъ сего примѣтной потери въ своемъ вѣсѣ.

Но что можно сказать о тонкости началъ свѣта, теплоты, и проч., которыхъ мы не можемъ удерживать ни въ какихъ сосудахъ? Сіи наблюденія доказываютъ ясно, что тонкость частицъ матеріи для насъ не вообразима.

b. *Формализмъ.* Весьма многія твердыя тѣла представляются намъ состоящими изъ правильнаго совокупленія частицъ. Сіе подтверждается тѣмъ, что многіе окристаллованные минералы разбиваются на куски, ограниченныя гладкими плоскостями; многіе прозрачные кристаллы (Исландскій шпатъ, тяжелый шпатъ, гипсъ, и проч.) состоятъ изъ наложенія частичекъ матеріи въ видѣ параллельныхъ пластинокъ, и отъ того удобнѣе могутъ быть разсѣкаемы по однѣмъ направленіямъ, нежели по другимъ. Ежели производитъ таковое обсѣканіе кристалла по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, и отдѣлять пластинки отъ сего получаемыя до тѣхъ поръ, пока не останется ни сколько первоначальной поверхности его, то получится *ядро*, которое большею частію имѣетъ видъ различный отъ бывшаго вида цѣлаго кристалла; дальнѣйшія послѣдовательныя дѣленія могутъ оное только уменьшить, но не могутъ открыть другихъ направленій плоскостей его ограничивающихъ. Гаю,

славный минералогъ и основатель шеоріи Кристаллографіи назвалъ естественную форму кристалла *вторичною*, а форму ядра — *первоначальною*. Вторичныя формы измѣняются до безконечности; первоначальныхъ же формъ доселѣ извѣстно только шесть : *параллелипипедъ*, *октаедръ*, *правильный тетраедръ*, *правильная шестисторонняя призма*, *ромбоидальный додекаедръ* и *трехугольный додекаедръ*. Само ядро кристалла также и отдѣленныя пластинки момутъ быть еще подраздѣляемы на части одинакой формы, кои назвалъ Гаю *цѣльными частицами*; — онѣ суть послѣднія слѣдствія механическаго дѣленія, и изъ нихъ то представляется состоящимъ весь кристаллъ. Гаю, помощію своихъ изслѣдываній, успѣлъ даже произвесть всѣ многочисленныя вторичныя формы кристалловъ отъ цѣльныхъ частицъ трехъ формъ : *трехъ-сторонней пирамиды*, *трехугольной призмы* и *четырехсторонней призмы*.

Таковое механическое дѣленіе тѣлъ на правильныя и подобныя части, подало поводъ съ вѣроятностію заключать, что и самыя тончайшія частички ихъ, должны быть правильной формы, т. е. ограниченныя плоскостями, подобно Геометрическимъ тѣламъ.

Но сія вѣроятность представится намъ истинною, когда разсмотримъ происхожденіе твердыхъ правильныхъ тѣлъ изъ ихъ растворовъ, или вообще изъ жидкаго состоянія. Ежели растворить квасцы, мѣдный купоросъ или иное тѣло въ водѣ, и поставивъ сей растворъ въ теплое мѣсто, дадимъ ему тихо и спокойно испаряться; тогда одна вода будетъ выпариваться, а соль останется въ испарительномъ сосудѣ : частички соли начнутъ между собою сплепляться и садиться на дно сосуда въ видѣ кристалловъ, коихъ первообразная форма будетъ

постоянна. — Не однѣ соли, переходя въ твердое состояніе, принимаютъ правильный видъ; сіе же самое представляютъ и всѣ твердыя тѣла, кои могутъ быть переведены въ жидкое состояніе. Примѣромъ сему служитъ сѣра, кварцъ, металлы, и проч. — Даже вещества, добываемыя въ *чистомъ видѣ* изъ тѣлъ органическихъ представляютъ тоже самое, таковы наприм. крахмалъ, сахаръ, растительныя кислоты, и проч. Ежели нѣкоторыя изъ нихъ не кристаллизуются, то сіе вѣроятно зависитъ отъ того, что онѣ состоятъ изъ разныхъ веществъ, кои стремятся кристаллизоваться по разнымъ законамъ, и такимъ образомъ препятствуютъ другъ другу.

Послѣ сего, можно ли подумать, что тончайшія частички тѣлъ не имѣютъ правильнаго вида, когда изъ нихъ составляются тѣла правильныя опредѣленной формы. Наблюденія сіи доказываютъ, что частички тѣлъ должны быть въ видѣ правильныхъ многогранниковъ, и что *формализмъ* есть общее свойство матеріи.

с. *Разнородность веществъ.* Отъ механическаго дѣленія тѣлъ получаются части *однородныя* между собою и однородныя съ самымъ раздробленнымъ тѣломъ; но посредствомъ *химическаго дѣленія* или разложенія мы удостовѣряемся, что нѣкоторыя тѣла природы состоятъ изъ одного вещества, а другія состоятъ изъ нѣсколькихъ разнородныхъ веществъ. Первыя тѣла называются *простыми* или *химическими началами* (*),

(*) Вѣсомыхъ началъ теперь считается 54, имянно: кислородъ, водородъ, азотъ, углеродъ, фосфоръ, сѣра, селеній, хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ, боръ, силицій, цирконій, алюминій, иттрій, торій, кальцій, стронцій, барій, магнезій,

а вторыя *сложными*. Такимъ образомъ сѣра есть тѣло простое, потому что химическими испытаніями доселѣ не открыто въ ней никакихъ разнородныхъ веществъ: но киноварь есть тѣло сложное; ибо химическое разложеніе показываетъ, что она состоитъ изъ сѣры и ртути. Въ семъ случаѣ частички сѣры и ртути въ киновари называются *разнородными* или *составляющими*; ибо онѣ разнородны между собою и различны отъ киновари.

√ Скважность (несоприкосновенность).

7. Наблюденія показываютъ, что частички матеріи въ тѣлахъ не прикасаются между собою, но имѣютъ промежутки, называемыя *порами* или *скважинами*. Сіе общее свойство тѣлъ называется *скважностію*.

Всеобщность онаго свойства доказывается тѣмъ, что самыя плотнѣйшія тѣла изъ трехъ царствъ природы имѣютъ сіе свойство.

Изъ *тѣлъ животныхъ* плотнѣйшія суть: кости, кожи, рога, копыта, раковины, и проч.; а изъ *тѣлъ растительныхъ*: древесина, скорлупы орѣховъ, и проч.

потассій, содій, литій, марганецъ, цинкъ, желѣзо, олово, кадмій, ванадій, мышьякъ, молибденъ, хромъ, волчецъ, колумбій, сурьма, уранъ, церій, кобальтъ титанъ, висмутъ, мѣдь, теллуръ, никкель, свинецъ, ртуть, осмій, серебро, платина, палладій, родій, иридій и золото.

Изъ сихъ началъ одинъ кислородъ называется негорючимъ, а всѣ прочія — *горючими*; сверхъ сего первыя 12 началъ называются *неметаллическими*, и послѣднія всѣ *металлическими*. Горючія начала, соединяясь съ кислородомъ, производятъ *окислы* и многія *кислоты*, каковы сѣрныя, фосфорныя, азотныя, и проч.

Но всѣ сіи тѣла, въ тонкихъ пластинкахъ взятыя, пропускаютъ сквозь себя свѣтъ; самая плотная кость слоновая окрашивается красками, такъ что красильное вещество проникаетъ внутрь кости; кожа животныхъ промачивается насквозь жидкостями; всякое плотное дерево также промокаетъ насквозь, оставаясь долго въ водѣ, отъ чего оно получаетъ большій объемъ. Очевидно, что сихъ явленій не могло бы произойти, если бы между частями тѣлъ растительныхъ и животныхъ не находились промежутки. Микроскопическія наблюденія показываютъ, что тѣла сіи состоятъ изъ величайшаго множества сосудовъ и каналовъ переплетенныхъ въ видѣ сѣтки.

Изъ тѣхъ минеральныхъ плотнѣйшія суть металлы, а твердѣйшія драгоцѣнные камни. Но всѣ металлы (и даже всѣ вообще тѣла) отъ холода сжимаются; а сіе доказываетъ, что ихъ частички неплотно между собою прикасаются, но имѣютъ промежутки, кои отъ дѣйствія холода становятся меньшими. Металлы въ тончайшихъ листочкахъ пропускаютъ сквозь себя свѣтъ: такимъ об. золото насквозь кажется зеленымъ, а серебро фіолетовымъ. — Опыты Флорентинскихъ Академиковъ (1661 года) показали даже, что сквозь золото и серебро можно продавить воду : они, въ намѣреніи сжать воду силою давленія, заключили оную въ золотой шаръ, запаяли въ ономъ и подвергли сильному давленію; вода, не въ состояніи будучи сжаться до такой степени, проникла въ скважины золота, и вышла на поверхность въ видѣ пота.

Драгоцѣнные камни потому скважисты, что большею частію пропускаютъ сквозь себя свѣтъ, и сжимаются отъ охлажденія.

Капельныя жидкости, каковы вода, ртуть, и проч. имѣютъ большую скважность, потому что отъ охлажденія сильно сжимаются (наприм. ртуть въ термометрахъ).

8. *Система Атомистическая.* Изъ всѣхъ выше разсмотрѣнныхъ свойствъ слѣдуетъ заключить, что, не смотря на чрезмѣрную дѣлимость матеріи, скважность тѣлъ намъ открываетъ, что тѣла состоятъ изъ частицъ, кои между собою не прикасаются, но держатся въ нихъ какъ отдѣльныя существа; протяженность же и формализмъ удостовѣряютъ насъ, что каждая частичка, при всей ея невообразимой тонкости, должна имѣть при измѣреніи и опредѣленную форму, и по своей непроницаемости не можетъ помѣститься тамъ, гдѣ другая находится. А сіе позволяетъ намъ заключать, что нельзя себѣ частицъ тѣлъ представлять безконечно малыми; ибо понятіе о безконечно маломъ исключаетъ всякое понятіе о величинѣ. Посему должны быть частички тѣлъ, далѣе коихъ дѣлимость физическаго тѣла простираться не можетъ; ихъ-то и называютъ *начальными частицами* или *атомами.* Система физики допускающая, что тѣла природы состоятъ изъ атомовъ или частицъ непроницаемыхъ и недѣлимыхъ уже никакою силою, называется *атомистическою*, для отличія отъ *системы динимической*, по какой всякое тѣло считается пространствомъ наполненнымъ непрерывною матеріею, а тѣла *проницаемыми* и допускающими безконечную *дѣлимость*, и по коей самая сущность матеріи состоитъ во взаимныхъ противодѣйствіяхъ двухъ силъ *притягательной* и *разширительной*, а ощущеніе предметовъ состоитъ въ сопротивленіи встрѣчаемомъ нами отъ силы разширительной.

9. *Плотность.* Различная скважность тѣлъ показываетъ намъ, что частички въ тѣлахъ размѣщены не одинакимъ образомъ: въ иныхъ тѣлахъ онѣ болѣе между собою сближены, а въ другихъ менѣе; такъ что вообще два тѣла одинакаго объема содержатъ неодинакое количество матерiи.

Количество матерiи, составляющей тѣло, называется *массою.* Ежели допустить, что всѣ атомы тѣлъ, при различной формѣ ихъ, имѣютъ одинакую величину, то массою тѣла можемъ назвать число матерiальныхъ частицъ входящихъ въ составъ тѣла. Въ семъ только предположенiи сравнивая массы тѣлъ, имѣющихъ равные объемы, мы получаемъ понятiе объ ихъ *плотности*, и называемъ то тѣло плотнѣйшимъ, которое въ одинаковомъ объемѣ съ прочими тѣлами содержитъ болѣе матерiи; а тѣломъ *рѣдчайшимъ* или *менѣе плотнымъ* называемъ то, которое въ такомъже объемѣ содержитъ менѣе матерiи.

10. Чтобъ получить отношенiе между плотностями D, d, двухъ тѣлъ, имѣющихъ массы M, m, и объемы V, v, надлежитъ сперва найти, сколько то и другое тѣло содержитъ массы *въ единицѣ объема*, и потомъ сiи массы сравнить. Первое тѣло въ объемѣ V содержитъ массы M, а въ единицѣ объема имѣетъ массы $\frac{M}{V}$; въ единицѣ же объема другаго тѣла находится массы $\frac{m}{v}$. Но какъ плотности пропорцiональны массамъ тѣлъ въ равныхъ объемахъ, посему

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}.$$

Сіе показываетъ, что *плотности прямо пропорціональны массамъ и обратно пропорціональнымъ объемамъ тѣлъ;* или, плотность того тѣла больше, которое содержитъ болѣе матеріи въ меньшемъ объемѣ.

Изъ сей пропорціи находимъ.

$$\frac{D}{d} = \frac{M}{V} \times \frac{v}{m} = \frac{M}{m} \times \frac{v}{V};$$

а принимая $v = 1$, $m = 1$, $d = 1$, получится

$$D = \frac{M}{V},$$

то есть, *плотность всякаго тѣла найдется раздѣливъ его массу на объемъ.* Здѣсь D, M и V суть отвлеченныя числа, выражающія отношенія къ единицамъ своего рода.

Самонедѣйственность и движимость.

11. Нѣтъ ни одного тѣла, которое бы само собою могло произвести какую нибудь перемѣну въ своей фигурѣ, объемѣ, состояніи или положеніи. Изъ сего заключаемъ, что тѣла не могутъ сами себя опредѣлять къ тому или другому дѣйствію; что для перемѣны ихъ состоянія всегда нужны постороннія силы, коимъ онѣ противиться не могутъ. Такимъ образомъ, чтобы тѣло покоющееся (или части онаго) получило движеніе, или чтобы движущееся тѣло могло перейти въ состояніе покоя, необходимы посторонніе дѣйствователи. Сія неспособность матеріи и тѣлъ къ произвольному дѣйствію называется *самонедѣйственностію* (inertie). А изъ сего слѣдуетъ что *движимость* или безусловное повиновеніе силамъ есть также общее свойство матеріи и тѣлъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

О дѣйствіи внѣшнихъ силъ на тѣла вообще.

12. *Силою* называется всякая причина, способная произвесть какую нибудь перемѣну въ тѣлѣ. Внѣшнія силы, дѣйствуя на тѣла, производятъ въ нихъ *движеніе*, т. е. либо измѣненія въ положеніи ихъ частей, либо перемѣщеніе самыхъ тѣлъ изъ одного пространства въ другое. Слѣдственно тѣло находится только тогда въ *покоѣ*, когда оно само и его части не перемѣняютъ мѣстъ своихъ.

13. Движеніе и покой можно представлять себѣ *совершенными* или *относительными*. Совершенное движеніе состоитъ въ перемѣнѣ положенія или мѣста относительно точекъ пространства, воображаемыхъ неподвижными. Мы не можемъ судить о движеніяхъ совершенныхъ; потому что не знаемъ ни одного тѣла въ природѣ, которое бы находилось въ совершенномъ покоѣ, и не имѣемъ средствъ узнавать онаго состоянія; но можемъ съ большою точностію изслѣдывать движенія относительныя. Ежели два или нѣсколько тѣлъ движущихся сохраняютъ между собою тѣже разстоянія, то мы говоримъ, что онѣ между собою находятся въ относительномъ покоѣ. По оному понятію мы считаемъ неподвижными тѣла, занимающія опредѣленное мѣсто на земной поверхности, когда онѣ дѣйствительно имѣютъ движеніе около земной оси и около солнца. Такимъ же образомъ люди, сидящіе на плывущемъ кораблѣ, относительно другъ друга остаются въ покоѣ, хотя корабль непрерывно перемѣняетъ свое мѣсто: и ежели одинъ изъ нихъ удалится отъ своего мѣста на 5 футовъ, то сіе замѣченное движеніе не

будетъ совершенное, но относительное; ибо онъ только относительно своего мѣста на кораблѣ перешелъ на 5 футовъ, которое само находится въ движенiи.

14. Что такое силы сами въ себѣ, мы не знаемъ, и потому не можемъ ихъ сравнивать между собою непосредственно. Мы замѣчаемъ только дѣйствiя ими производимыя, можемъ измѣрять оныя; и сiи дѣйствiя подаютъ единственное средство къ составленiю понятiя о величинѣ силъ. Ежели мы точно знаемъ, что силы были употреблены *тождественнымъ образомъ и при одинакихъ обстоятельствахъ*, то заключаемъ что дѣйствiя должны быть пропорцiональны причинамъ. И такимъ образомъ утверждаемъ, что двѣ силы равны, когда онѣ при тѣхъ же обстоятельствахъ производятъ равныя дѣйствiя; что одна сила вдвое или втрое болѣе другой, когда она при тѣхъ же обстоятельствахъ производитъ дѣйствiе вдвое или втрое большее.

Сiе сравненiе подаетъ намъ возможность употребленныя силы означать *числами* и также *линiями имъ пропорцiональными*. Положимъ, что нѣкоторая сила P вдвое болѣе силы P', и линiя AB вдвое болѣе линiи ab; то очевидно, что

$$P : P' = AB : ab.$$

Но чтобы силы возможно было между собою сравнивать, должно ихъ всегда выражать въ величинѣ какой нибудь опредѣленной силы, взятой за единицу; также и линiи должны быть относимы къ единицѣ своего рода. Посему примемъ, что сила $P' = 1$, $ab = 1$; то выйдетъ

$$P = AB.$$

15. *Всякая сила задается ея точкою приложенiя, направленiемъ дѣйствiя и величиною.* Точкою приложенiя

силы, называется та точка тѣла, на которую она непосредственно дѣйствуетъ. *Направленіе силы* изображается прямою линіею, по коей она стремится двигать точку приложенія. Подъ именемъ же *величины силы* разумѣть должно число, выражающее отношеніе оной ко всякой другой силѣ взятой за единицу. Таковая единица силы опредѣляется въ каждомъ частномъ случаѣ, по дѣйствію ею производимому.

16. Дѣйствующія силы могутъ быть или *мгновенныя* или *непрерывныя* : первыми называются тѣ, кои всѣ сообщаютъ тѣлу единовременное и мгновенное впечатлѣніе (ударъ), и потомъ оставляютъ оное; вторыми же называются тѣ, кои дѣйствуютъ на тѣло непрерывно, побуждая оное къ движенію въ каждый моментъ времени. Оныя силы могутъ дѣйствовать на тѣло или поодиначкѣ или по нѣскольку вдругъ. Движеніе называется *простымъ*, когда оное производится одною силою, и называется *сложнымъ*, когда производится совокупнымъ дѣйствіемъ двухъ или болѣе силъ. Мы будемъ разсматривать только движенія производимыя :

1. одною мгновенною силою;

2. двумя или болѣе мгнов. силами;

3. одною непрерывною силою;

4. совокупнымъ дѣйствіемъ силы мгновенной и непрерывной.

Сіи движенія могутъ быть *прямолинейныя* либо *криволинейныя*; а изъ нихъ каждое можетъ быть или только *поступательное*, или *поступательное и вмѣстѣ вращательное*.

17. Во всякомъ движеніи опредѣляются слѣдующія обстоятельства : направленіе пути движущагося тѣла, время его движенія, пространство переходимое тѣломъ въ сіе время, скорость, и количество движенія.

Пространство выражается мѣрами длины: сажнями, футами, метрами, и проч.

Время означается числомъ часовъ, минутъ, секундъ, и проч.

Что касается до направленія пути, скорости и количества движенія, то опредѣленіе сихъ обстоятельствъ показано будетъ ниже.

Замѣтить должно, что тѣло подверженное дѣйствію силъ не всегда приходитъ въ движеніе: иногда силы, дѣйствуя съ разныхъ сторонъ, взаимно уравновѣшиваются; и тогда тѣло остается въ покоѣ.

18. Часть физики, разсуждающая о дѣйствіи силъ на тѣла, называется *Механикою*. Ее раздѣляютъ на Статику, Динамику, Гидростатику, Гидродинамику, Аеростатику и Аеродинамику. *Статика* разсуждаетъ о законахъ равновѣсія силъ, дѣйствующихъ на тѣла твердыя; *Динамика* — о законахъ движенія тѣлъ твердыхъ; *Гидростика* излагаетъ законы равновѣсія капельныхъ жидкостей; *Гидродинамика* изслѣдываетъ законы движенія оныхъ жидкостей; *Аеростатика* разсуждаетъ о равновѣсіи воздухообразныхъ жидкостей; а *Аеродинамика* — о движеніи сихъ жидкостей.

Такъ какъ равновѣсіе силъ есть только частный случай взаимнаго ихъ дѣйствія; то мы и будемъ сперва излагать начала Динамики, и изъ оныхъ выводить нужнѣйшіе случаи равновѣсія силъ.

О дѣйствіи одной мгновенной силы на свободное тѣло.

Движеніе простое, равномѣрное.

19. *Ежели свободное тѣло получитъ мгновенное впечатлѣніе отъ одной силы по извѣстному направленію,*

что оно всегда будетъ двигаться по оному направленію, и притомъ равномѣрно, съ одинакою скоростію, т. е. въ равныя времена будетъ переходить равныя пространства. Ибо никакое тѣло, по своей самонедѣйственности не можетъ перемѣнить даннаго ему направленія, и не можетъ само собою увеличить или уменьшить своей скорости. Убѣдительнѣйшій примѣръ сего закона самонедѣйственности мы находимъ въ движеніи тѣлъ небесныхъ, которое сохраняется въ продолженіи цѣлыхъ тысячъ лѣтъ. — На земной же поверхности мы не замѣчаемъ, чтобы какое нибудь тѣло двигалось равномѣрно, получивъ мгновенное побужденіе отъ силы; потому что находятся многія препятствія движенію. Но и здѣсь усматривается, что движеніе становится продолжительнѣе и правильнѣе, когда сіи препятствія будутъ уменьшены сколько возможно.

20. Подъ именемъ *скорости* во всякомъ равномѣрномъ движеніи разумѣется пространство переходимое тѣломъ въ опредѣленную единицу времени, напр. въ секунду. Ежели тѣло A проходитъ въ секунду 10 футовъ, а тѣло B 20 футовъ; то мы говоримъ, что послѣднее тѣло имѣетъ скорость движенія вдвое болѣе перваго, потому что 20 вдвое болѣе 10. И такъ, для опредѣленія скорости, должно съ точностію измѣрить пространство e, перейденное тѣломъ въ t секундъ его движенія, и потомъ найти, какое пространство v переходило сіе тѣло въ 1 секунду, по пропорціи $t : 1 = e : v$; откуда

$$e = vt, \text{ и}$$

$$v = \frac{e}{t};$$

сіе пространство v и будетъ изображать скорость тѣла. Изъ сего видно, что *скорость тѣла, движущагося*

равномѣрно, найдется раздѣливъ пространство на время. (Законъ сей открытъ Архимедомъ, жившимъ около 287 года до Р. Х.)

Для другаго тѣла, прошедшаго пространство E въ T секундъ, скорость V будетъ

$$V = \frac{E}{T}.$$

Сравнивъ сіи скорости, получаемъ

$$v : V = \frac{e}{t} : \frac{E}{T},$$

то есть, *въ равномѣрномъ движеніи, скорости тѣлъ находятся въ прямомъ содержаніи пространствъ и обратномъ временъ;* или, скорость того тѣла больше, которое проходитъ болѣе пространства въ меньшее время.

21. *Количествомъ движенія* (во всякомъ движеніи) называется та сила, съ каковою тѣло движется. Оно въ движеніи равномѣрномъ и простомъ равняется той силѣ, которая употреблена была для приведенія тѣла въ движеніе, и можетъ быть измѣряемо такою силою, которую нужно употребить, чтобъ остановить движущееся тѣло. Величина его зависитъ отъ массы тѣла и скорости, и опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Положимъ, что движущееся тѣло имѣетъ массу M и скорость V; то, чтобъ остановить его движеніе, надлежитъ употребить въ противную сторону такую силу, которая бы могла уничтожить скорость V у каждой его частички, слѣдственно у всей массы или у M частичекъ уничтожить MV скоростей. Сіе-то *произведеніе массы тѣла на его скорость и составляетъ силу движенія* тѣла

$$F = MV. \text{ (*)}$$

(*) Законъ сей также открытъ Архимедомъ,

Для другаго тѣла, коего масса$=M'$ и скорость$=V'$, количество движенія будетъ

$$F' = M'V'.$$

Сіи два выраженія даютъ пропорцію

$$F : F' = MV : M'V',$$

которая показываетъ, что *силы движенія тѣлъ относятся между собою въ прямомъ содержаніи массъ помноженныхъ на ихъ скорости.*

Ежели $M = M'$, то будетъ

$$F : F' = V : V';$$

то есть: *дѣйствія мгновенныхъ силъ на равныя массы пропорціональны скоростямъ.* А сіе показываетъ, что ежели силы дѣйствуютъ на равныя массы, то онѣ могутъ изображаться скоростями имъ пропорціональными.

Чтобы два тѣла имѣли равныя силы движенія, надобно, чтобъ было $MV = M'V'$, или

$$V : V' = M' : M;$$

т. е. *скорости ихъ должны быть обратно пропорціональны массамъ ихъ.*

Примѣръ: Тѣло имѣетъ массу въ 20 фунтовъ и скорость $= 50$ футамъ; найти силу его движенія.

Она будетъ $F = 50 \times 20 = 1000$ футовъ.

Слѣдственно сила движенія такова, что она массѣ 1-го фунта способна сообщить скорость въ 1000 футовъ.

О ДѢЙСТВІИ МНОГИХЪ СИЛЪ МГНОВЕННЫХЪ НА СВОБОДНОЕ ТѢЛО.

Движеніе сложное, равномѣрное.

22. Опредѣленіе всѣхъ обстоятельствъ движенія тѣла, подверженнаго дѣйствію многихъ силъ мгновенныхъ, составляетъ весьма сложный вопросъ математической механики. Для сего нужно предварительно

знать дѣйствіе силъ на одну матеріальную частичку, или на *центръ массы* цѣлаго тѣла, чтобы можно было опредѣлить все ихъ дѣйствіе на многія части, связанныя между собою неизмѣннымъ образомъ.

Когда на одну частичку (или центръ массы тѣла) подѣйствуютъ мгновенно нѣсколько силъ, то она по нѣкоторому направленію получитъ движеніе равномѣрное точно такъ, какъ бы на нее подѣйствовала одна нѣкоторая сила, способная сообщить сй оное. Сія-то воображаемая сила, коею можно произвесть дѣйствіе, равное дѣйствію нѣсколькихъ силъ, и коею можно замѣнить оныя, называется *силою равнодѣйствующею* (**f. résultante**); силы же, замѣняемыя одною, называются *слагающими*.

23. Опредѣленіе направленія и величины силы равнодѣйствующей многимъ силамъ называется *сложеніемъ силъ*. Такъ какъ оно собственно и служитъ единственнымъ средствомъ для вывода всѣхъ обстоятельствъ сложнаго движенія, то мы и разсмотримъ нужнѣйшіе случаи онаго.

1-й *случай* Когда нѣсколько мгновенныхъ силъ p, p', p''..., подѣйствуютъ на матеріальную точку (или на центръ массы тѣла), по одному направленію и въ одну сторону, то она пойдетъ по направленію дѣйствія силъ, и равнодѣйствующая оныхъ R будетъ равна суммѣ силъ $pp'+p''$....

2-й *случай*. (Фиг. 1.) *Когда двѣ равныя силы* P, P′ *дѣйствуютъ на тѣло* A *по одному направленію, но въ противныя стороны;* то тѣло не можетъ пойти ни въ ту, ни въ другую сторону, слѣдственно останется *въ покоѣ*, а силы P, P′ будутъ въ *равновѣсіи* или въ *равносильномъ напряженіи*.

Если же силы P, P' *не равны, то тѣло пойдетъ въ сторону большей силы, и равнодѣйствующая будетъ равна разности большей силы передъ меньшею,*

$$R = P - P', \text{ (ежели } P > P');$$

ибо въ семъ случаѣ можно себѣ представить, что большая сила $P = P' + R$. Силы P', P', какъ равныя и противоположныя, взаимно уничтожаются; слѣдственно остается одна сила $R = P - P'$, которая и есть равнодѣйствующая.

Очевидно также, что равнодѣйствующая многихъ силъ, дѣйствующихъ по одному направленію въ противныя стороны, равна суммѣ силъ дѣйствующихъ въ одну сторону безъ суммы силъ дѣйствующихъ въ противную сторону.

3-*й случай.* Ежели двѣ силы p и p' (фиг. 2.) подѣйствуютъ мгновенно на частичку A (или на центръ массы тѣла) подъ какимъ нибудь угломъ, то она не пойдетъ ни по направленію Ap, ни по направленію Ap'; то изберетъ среднiй путь AB. Сей путь необходимо будетъ лежать въ плоскости силъ, и при томъ внутри угла pAp' образуемаго силами. Чтобъ опредѣлить направленiе сего пути и количество движенiя или силу равнодѣйствующую, положимъ, что Ap, Ap' суть скорости сообщаемыя тѣлу A силами p, p', и онымъ пропорцiональныя, то есть,

$$p : p' = Ap : Ap'.$$

Повинуясь одной силѣ p, точка A въ единицу времени прошла бы путь Ap; а повинуясь одной силѣ p', она въ тоже время прошла бы путь Ap'. Но когда обѣ силы вдругъ дѣйствуютъ на точку A, то она, по своей самонедѣйственности, должна имъ обѣимъ повиноваться: сила p будетъ отдалять точку A отъ

направленія Ap', а сила p' будетъ ее отдалять отъ направленія Ap; такъ что въ концѣ единицы времени точка A не придетъ въ p', но силою p будетъ удалена отъ p' на разстояніе Ap; она также не придетъ и въ p, потому что сила p' отдалитъ ее отъ сей точки на разстояніе Ap'. Ежели изъ точекъ p' и p какъ центровъ радіусами Ap, Ap' опишемъ дуги, то онѣ пересѣкутся въ точкѣ B: въ семъ мѣстѣ и будетъ находиться движимая точка въ концѣ единицы времени; ибо точка B отстоитъ отъ p' и p въ разстояніяхъ $Bp' = Ap$ и $Bp = Ap'$. Проведя линіи Bp, Bp', составится параллелограмъ $ApBp'$, коего діагональ AB изобразитъ *направленіе движенія* точки A, и вмѣстѣ *скорость* ея движенія.

Какъ скорости Ap, Ap' пропорціональны силамъ p, p'; то скорость AB, пріобрѣтенная тѣломъ A отъ совокупнаго дѣйствія оныхъ силъ, пропорціональна силѣ равнодѣйствующей (ибо видѣли, что силы дѣйствующія на равныя массы, пропорціональны скоростямъ, ими сообщаемымъ). Посему-то говорятъ, что *равнодѣйствующая двухъ угловыхъ силъ изображается, по величинѣ и по направленію, діагональю параллелограма, построеннаго на линіяхъ пропорціональныхъ онымъ силамъ, и взятыхъ на ихъ направленіяхъ.*

Изъ сего слѣдуетъ, что тѣло A останется въ покоѣ, когда продолжимъ діагональ BA назадъ, и по оной отложимъ силу R', равную силѣ R, изображаемой сею діагональю, и направленную въ противную сторону.

24. Такъ какъ діагональ AB всегда менѣе двухъ сторонъ Ap, Ap', и тѣмъ менѣе, чѣмъ уголъ между направленіями силъ больше; то слѣдуетъ, что, *при угловомъ дѣйствіи, равнодѣйствующая получается менѣе*

суммы силъ слагающихъ, и что въ семъ случаѣ силы взаимно себя ослабляютъ тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе подходятъ къ противоположности (*).

25. Ежели изъ точки B, взятой на направленіи равнодѣйствующей, проведемъ $BC \perp AC$, $BD \perp AD$, то получится $\triangle BCp \backsim \triangle BDp'$; посему

$$BD : BC = Bp' : Bp, \text{ или}$$
$$BD : BC = Ap : Ap' = p : p'.$$

Сіе показываетъ, что *всякая точка* B, *взятая на равнодѣйствующей, находится отъ силъ слагающихъ въ разстояніяхъ* BD, BC *обратно пропорціональныхъ онымъ силамъ.*

Изъ сей же пропорціи имѣемъ $p \times BC = p' \times BD$. Произведенія $p \times BC$, $p' \times BD$ силъ на ихъ разстоянія до точкѣ B, называются *моментами*. Слѣдственно, *относительно точки* B, *взятой на направленіи равнодѣйтвующей, моменты силъ равны.*

26. Теперь легко уже найти равнодѣйствующую нѣсколькимъ силамъ p, p', p'', дѣйствующимъ вдругъ на матеріальную точку A(фиг.3.); для сего должно взять вмѣсто силъ p, p' ихъ равнодѣйствующую AB; оную силу AB сложить съ силою p'', получится равнодѣйствующая AC для всѣхъ трехъ сихъ p, p', p''.

27. Ежели на матеріальную точку A подѣйствуютъ три силы $p = AB$, $p' = AC$, $p'' = AD$, не лежащія

(*) Изъ $\triangle ABp$ находимъ $p : p' : R = \text{Sin } BAp' : \text{Sin } BAp : \text{Sin } pAp'$, также $AB = R = \sqrt{p^2 + p'^2 + 2pp'.\cos pAp'}$.
Съ помощію сихъ отношеній можно рѣшать многія задачи, относящіяся къ сложенію силъ. Послѣднее выраженіе показываетъ вліяніе угла pAp' на величину силы равнодѣйствующей.

въ одной плоскости; то, слагая оныя силы попарно, найдется, что ихъ равнодѣйствующая изобразится по величинѣ и по направленію діагональю AR параллелипипеда, построеннаго на величинахъ оныхъ силъ. (Фиг. 4.)

28. *Разложеніе силы на двѣ или болѣе другихъ угловыхъ силъ.* — Поелику всякая сила можетъ быть изображена прямою линіею; а всякая прямая можетъ быть діагональю безчисленнаго множества параллелограмовъ; то и каждую силу можно себѣ представлять равнодѣйствующею двухъ или нѣсколькихъ слагающихъ силъ. Такимъ об. если бы мы хотѣли, вмѣсто одной силы AR (фиг. 5.) употребить двѣ, кои бы дѣйствовали по даннымъ направленіямъ Ax, Ax'; то, принявъ AR за діагональ, заключимъ параллелограмъ ApRp' : линіи Ap, Ap' и будутъ изображать величины искомыхъ слагающихъ силъ, коими можно замѣнить силу AR.

Приведеніе дѣйствія одной силы къ дѣйствію многихъ совокупныхъ силъ называется *разложеніемъ силъ.*

Сложеніе силъ, приложенныхъ къ твердому тѣлу въ разныхъ точкахъ, или къ системѣ точекъ связанныхъ между собою неизмѣннымъ образомъ.

29. Силы приложенныя къ разнымъ точкамъ тѣла могутъ быть или всѣ параллельны, или не параллельны, но направлены различнымъ образомъ въ пространствѣ. Мы будемъ здѣсь разсматривать только первый случай.

Замѣтимъ предварительно, что дѣйствіе силы P (фиг. 6.) на тѣло M не перемѣнится, ежели точку ея приложенія A перенести во всякую другую точку B, взятую на направленіи силы, и неизмѣннымъ образомъ

соединенную съ точкою А. Въ самомъ дѣлѣ, дѣйствіе оной силы не измѣнится, когда мы въ точкѣ В, по направленію АВ, приложимъ двѣ равныя и противныя силы p', p'', изъ коихъ каждая равна Р. Силы Р, p'', какъ равныя, и прямо противодѣйствующія, уравновѣсятся, и останется одна сила $p' = P$. Такимъ образомъ точка А приложенія и перенесена въ В, безъ всякой перемѣны въ дѣйствіи.

30. *О равнодѣйствующей силъ параллельныхъ.* — Двѣ параллельны, силы $p = Ap$, $q = Bq$ (фиг. 7.), приложенныя къ тѣлу въ точкахъ А и В, связанныхъ между собою неизмѣннымъ образомъ, и дѣйствующія въ одну сторону, имѣютъ одну равнодѣйствующую параллельную слагающимъ силамъ, которая всегда равна суммѣ оныхъ силъ, и дѣлитъ линію АВ на части обратно пропорціональныя онымъ силамъ.

Доказательство. Приложимъ къ точкамъ А, В, по направленію АВ, двѣ силы f, f равныя и прямо-противоположныя. Потомъ, сложивъ f съ p, получимъ равнодѣйствующую Ar; а сложивъ f съ q, получимъ равнодѣйствующую Bs. Оныя силы Ar, Bs произведутъ тоже дѣйствіе, какъ и силы p, q. Продолжимъ Ar, Bs до ихъ пересѣченія въ точкѣ О; перенесемъ въ оную)29) точки приложенія силъ Ar, As, и тамъ разложимъ оныя такъ, какъ онѣ при точкахъ А и В были составлены. Тогда, по линіи fof параллельной съ АВ, получатся двѣ прежнія силы f, f, кои взаимно уничтожатся; а по прямой OR параллельной съ Ap, получатся данныя двѣ силы p и q, коихъ точку приложенія можно принять въ С, и коихъ равнодѣйствующая $R = p + q$ и будетъ искомою.

Остается теперь найти точку C приложенія сей равнодѣйствующей. Для сего изъ $\triangle rpA \backsim \triangle ACO$, и $\triangle qSB \backsim \triangle BCO$, имѣемъ

$$\left.\begin{array}{l} p : f = Co : AC \\ f : q = BC : Co \end{array}\right\} \text{перемножимъ}$$

$$p : q = BC : AC.$$

Слѣдственно, равнодѣйствующая R, проходя чрезъ точку C, дѣлитъ разстояніе AB между точками приложенія силъ p, q, на части обратно пропорціональныя величинамъ оныхъ силъ.

Отъ сего тѣло AB будетъ двигаться равномѣрно, по направленію OCR такъ, какъ бы по оному дѣйствовала на него одна мгновенная сила $R = p + q$; или, какъ если бы обѣ слагающія силы были перенесены параллельно ихъ направленіямъ, и приложены къ одной точкѣ C.

31. Посему, чтобы тѣло, подверженное дѣйствію двухъ параллельныхъ силъ p и q, удержать въ равновѣсіи одною силою, должно прямую AB, соединяющую точки ихъ приложенія, раздѣлить на части обратно пропорціональныя онымъ силамъ въ точкѣ C, и къ оной точкѣ приложить одну силу $R' = R = p + q$, направленную въ противную сторону. Точка C приложенія равнодѣйствующей найдется изъ пропорціи

$$p : q = BC : AC, \text{ изъ коей}$$
$$p + q : q = BC + AC : AC; \text{ откуда}$$
$$AC = \frac{q . AB}{p+q}.$$

32. Равновѣсіе между силами p и q произойдетъ и тогда, когда тѣло по направленію OCR будетъ имѣть неподвижную точку или неподвижную ось, около которой оно можетъ свободно обращаться; ибо

равнодѣйствующая, проходя чрезъ неподвижную ось, противодѣйствіемъ оной уничтожится. Только для сего необходимо, чтобы имѣла мѣсто пропорція.

$$p : q = BC : AC, \text{ или}$$
$$p.AC = q.BC;$$

то есть, *чтобы моменты* **p.AC**, *q*.BC *слагающихъ силъ въ отношеніи къ неподвижной точкѣ* C, *находящейся на направленіи равнодѣйствующей, были равны.*

33. *Разложеніе одной силы на двѣ другія ей параллельныя.* — Одну силу R, какъ равнодѣйствующую, можно разложить на двѣ другія силы ей параллельныя безчисленными образами. Положимъ, что намъ нужно замѣнить оную двумя силами p и q такими, изъ коихъ бы одна имѣла точку приложенія въ A, а другая въ B; то зная, что оныя силы должны быть обратно пропорціональны линіямъ AC, BC, то есть

$$p : q = BC : AC, \text{ имѣемъ отсюда}$$
$$p + q : p = AB : BC$$
$$p + q : q = AB : AC; \text{ откуда}$$
$$p = \frac{R.BC}{AB}.$$
$$q = \frac{R.AC}{AB}.$$

Таковы должны быть искомыя слагающія силы.

Здѣсь точки A, B взяты были произвольно; слѣдственно задачи о разложеніи силы R на двѣ другія ей параллельныя допускаетъ неопредѣленное число рѣшеній.

34. *Ежели параллельныя силы дѣйствуютъ на тѣло въ противныя стороны*, то ихъ равнодѣйствующая также будетъ параллельна, только равна ихъ разности, направлена въ сторону большей силы, и будетъ от-

стоятъ отъ оныхъ силъ въ разстояніяхъ обратно пропорціональныхъ онымъ силамъ. Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что сила $q > p$, или $q = p + r$ (фиг. 8); то разложивъ силу q (33) на двѣ силы p и r, направленныя въ ту же сторону, изъ коихъ бы p была прямо противоположна данной силѣ p, и его уничтожалась; останется сила r, которая и будетъ искомою равнодѣйствующею. Величина оной будетъ $r = q - p$; а точка приложенія найдется изъ пропорціи

$$r : p = AB : AC; \text{ откуда}$$
$$AC = \frac{AB.p}{r} = \frac{p.AB}{q-p}.$$

34 bis. И такъ, чтобы установить равновѣсіе, между силами p и q, дѣйствующими въ противныя стороны, должно соединить ихъ точки приложенія B и C прямою BC; взять $AC = \frac{AB.p}{q-p}$, и въ противную сторону большей силы q, употребить силу $r = q - p$; то силы r и q уравновѣсятъ силу q.

35. Тоже равновѣсіе установится, ежели въ точкѣ A тѣло будетъ имѣть *неподвижную точку* или *ось*, около около которой оно можетъ свободно обращаться; только для равновѣсія силъ p и q необходимо, чтобы

$$p : q = AC : AB, \text{ или}$$
$$p.AB = q.AC,$$

т. е. *чтобы моменты оныхъ силъ въ отношеніи къ оси A были равны.*

36. *Ежели параллельныя силы p и q, дѣйствующія въ противныя стороны, будутъ равны, но непрямо противоположны*, то онѣ не будутъ имѣть равнодѣйствующей (ибо въ семъ случаѣ $r = q - p = o$); но равновѣсія

*

не произойдетъ, потому что силы дѣйствуютъ непрямо противоположно. Тѣло получитъ вращательное движеніе. Таковая система силъ называется въ механикѣ *парою* силъ; она не можетъ быть замѣнена одною равнодѣйствующею.

37. *Когда на тѣло дѣйствуютъ многія параллельныя силы* p, p', p'' (фиг.9), *направленныя въ одну сторону*, то ихъ равнодѣйствующая также будетъ равна суммѣ ихъ. Ибо сложивъ силы p и p', получится равнодѣйствующая $R' = p + p'$, и ея точка приложенія E; а сложивъ R' и p'' найдется равнодѣйствующая $R = R' + p'' = p + p' + p''$, и ея точка приложенія O.

38. Поелику точка O приложенія равнодѣйствующей найдена вовся независимо отъ направленія силъ p, p' p''; то слѣдуетъ, что ежели оныя силы примутъ другое направленіе, поворотясь около своихъ точекъ приложенія, и всегда оставаясь между собою параллельными, то ихъ равнодѣйствующая останется таже R, пройдетъ чрезъ туже точку приложенія O, и приметъ одинакое направленіе съ силами. Сія точка O, чрезъ которую проходитъ равнодѣйствующая параллельныхъ силъ при всѣхъ ихъ возможныхъ направленіяхъ, называется *центромъ параллельныхъ силъ*.

39. Ежели представимъ себѣ, что на всѣ матеріальныя частички тѣла дѣйствуютъ въ одну сторону *равныя* параллельныя силы p, p, p, . . ., то ихъ равнодѣйствующая будетъ $R = Mp$, (гдѣ M означаетъ массу тѣла). Точка ея приложенія въ семъ случаѣ называется *центромъ массы тѣла;* она же, какъ увидимъ, называется центромъ тяжести.

√ О движенiи вращательномъ.

40. Когда одна мгновенная сила (или равнодѣйствующая нѣсколькихъ силъ) такъ подѣйствуетъ на тѣло, что ея направленiе не пройдетъ чрезъ центръ его массы; то свободное тѣло получаетъ два движенiя равномѣрныхъ : одно *поступательное*, параллельное направленiю силы, и притомъ такое, какъ если бы оная сила была приложена непосредственно къ центру массы, а другое *вращательное* около оси, проходящей чрезъ сей же центръ.

Положимъ, что тѣло AKL, (фиг. 10) коего центръ массы находится въ G, получило въ точкѣ A побужденiе отъ мгновенной силы P = AB. Чтобъ судить о дѣйствiи оной силы, вообразимъ плоскость KGL перпендикулярную къ AB, и проходящую чрезъ G. Соединимъ A съ G; чрезъ G и AB проведемъ плоскость, и положимъ, что фигура AKL представляетъ намъ разрѣзъ тѣла сего плоскостiю.

Раздѣлимъ силу P = AB на двѣ равныя части AC и BC; на первой половинѣ, какъ на дiагонали, построимъ параллелограмъ ADCE, котораго бы одна сторона была направлена по AG, а другая AE была бы перпендикулярна къ AG.

Продолжимъ AG на количество $aG = AG$, и въ точку a перенесемъ силу $AD = ad$; на ad, какъ на дiагонали, построимъ снова параллелограмъ $acde$, коего сторона ae была бы перпендикулярна къ Aa или параллельна съ AE, а сторона $ac \# AB$; отъ сего построенiя получится $\triangle ACE = \triangle ade$. Такимъ образомъ данная сила P замѣнится силами AE, ae, $ac = \frac{1}{2}P$ и $BC = \frac{1}{2}P$.

Двѣ равныя силы BC и ac, дѣйствующія въ туже сторону, и въ равныхъ разстояніяхъ отъ центра G, будутъ имѣть равнодѣйствующую $R = BC + ac = P$, которая пройдетъ чрезъ сей центръ; и слѣдственно *центръ массы G будетъ двигаться такъ, какъ бы сила P къ оному была непосредственно приложена.*

Двѣ же оставшіяся равныя силы AE, ae, сообщатъ тѣлу вращательное движеніе около точки G, въ сторону AK. Сіи двѣ силы вращенія не могутъ измѣнять поступательнаго движенія центра G; ибо онѣ параллельны, противоположны, и находятся въ равныхъ разстояніяхъ отъ сего центра; слѣдственно ихъ равнодѣйствующая равна нулю (36).

Движеніе вращательное произойдетъ около оси перпендикулярной къ плоскости, проведенной чрезъ точку G и чрезъ направленіе AB силы P.

Такимъ образомъ биліардный шаръ, получавшій ударъ, не проходящій чрезъ центръ его массы, движется по горизонтальному столу, и въ тоже время обращается около одного изъ своихъ діаметровъ. Симъ же изъясняется поступательное (годовое) и вращательное (суточное) движеніе земнаго шара; движеніе игрушекъ, извѣстныхъ подъ названіемъ волчковъ, кубарей, и пр.

Должно замѣтить, что движеніе поступательное въ ономъ случаѣ вовся не зависитъ отъ движенія вращательнаго: ибо первое, можетъ быть ослаблено и даже уничтожено (на прим. различными препятствіями, либо неподвижною осью, проходящею чрезъ центръ массы тѣла, и около которой тѣло можетъ свободно вращаться), а второе можетъ остаться неизмѣннымъ, и на оборотъ.

Сія-то независимость между оными движеніями производитъ нѣкоторыя замѣчательныя явленія : ядро, вылѣтая изъ пушки, обыкновенно имѣетъ движеніе поступательное и вращательное (происходящее отъ зацѣпленія за неровности внутренней поверхности орудія). И нерѣдко случается, что отъ сопротивленія воздуха уничтожается движеніе поступательное; а движеніе вращательное остается. Но, ежели какимъ нибудь образомъ ось вращенія того ядра сдѣлается горизонтальною, то сіе движеніе превратится въ поступательное; и ядро, которое казалось остановившимся и ослабѣвшимъ, получаетъ опять значительное переходное движеніе.

41. *Угловая скорость.* — Во всякомъ вращательномъ движеніи угловою скоростью называется длина дуги описываемой въ секунду времени какою нибудь частичкою. Для разныхъ частицъ вообще сія скорость бываетъ различна. Скорость движенія частички тѣла, взятой на единицѣ разстоянія отъ оси вращенія, принимается за мѣру скоростей прочихъ частицъ тѣла. Такимъ образомъ скорость вращенія часовой стрѣлки въ $1''$ времени равна дугѣ въ $\frac{1}{120}$ долю градуса описываемой радіусомъ $= 1$-цѣ.

Чтобы судить о силѣ вращенія тѣла AB (фиг. 11.) около его оси O, положимъ, что, на разстояніи $ao = 1$, частичка a описываетъ дугу $am = c$ въ $1''$ времени; то угловая скорость bn частички b найдется изъ пропорціи $bo : 1 = bn : am = bn : c$; откуда

$$bn = c . bo = cr,$$

полагая $bo = r$.

Такимъ же образомъ скорости вращенія частичекъ тѣла, на разстояніяхъ r', r'', r''' . . . ., найдутся

$$cr^{I}, cr^{II}, cr^{III} \dots$$

Пусть m есть масса одной частички; то силы движенія элементовъ тѣла будутъ

$$mcr, mcr^{I}, mcr^{II}, mcr^{III} \dots$$

Сумма оныхъ силъ вращенія и составляетъ силу вращенія тѣла.

Моменты силъ вращенія оныхъ элементовъ будутъ

$$mcr^2, mcr^{I2}, mcr^{II2}, \dots;$$

и сумма оныхъ моментовъ составитъ моментъ силы вращенія; она означается чрезъ Σmcr^2.

И такъ, ежели тѣло имѣетъ движеніе поступательное и вращательное, то все дѣйствіе силы, сообщившей таковое движеніе, изобразится: 1) количествомъ движенія поступательнаго MV, гдѣ V означаетъ скорость поступательнаго движенія, M — массу тѣла; и 2) моментомъ силы вращенія Σcmr^2.

Скорость же каждой частички будетъ состоять изъ скорости V ея поступательнаго движенія, и скорости cr вращенія, то есть,

$$V \pm cr.$$

Впрочемъ подробное изслѣдованіе законовъ вращательнаго движенія составляетъ одну изъ трудныхъ задачь математической механики.

О дѣйствіи силъ непрерывныхъ.

Движеніе перемѣнное вообще.

42. Ежели свободное тѣло приведется въ движеніе такими силами, кои будутъ на него дѣйствовать непрерывно, стремясь увеличивать или уменьшать его скорость, то движеніе тѣла не будетъ равномѣрнымъ; ибо его скорость будетъ увеличиваться или уменьшаться, смотря по закону измѣненія дѣйствія силъ

Такое движеніе называется *перемѣннымъ*; оно можетъ быть или прямолинейное или криволинейное. Путь, описанный тѣломъ во время его движенія называются *траіекторіею*.

43. *Скоростію* тѣла въ какой ни есть точкѣ его пути, называется то пространство, которое бы тѣло начало проходить *равномѣрно* въ каждую единицу времени, если бы при оной всѣ силы перестали на него дѣйствовать.

Причины, сообщающія тѣлу непрерывныя побужденія къ движенію, называются *ускорительными силами* (f. accélératrices) *живыми силами*.

Изъ движеній сего рода мы разсмотримъ только слѣдующія:

1. *Движеніе равномѣрно-ускорительное.*

44. *Равномѣрно-ускорительнымъ движеніемъ* называется такое, въ которомъ скорость движущагося тѣла *увеличивается пропорціонально времени*, то есть, въ равныя времена на равныя количества. Таково движеніе свободнаго тѣла, побуждаемаго одною ускорительною силою, *постоянно и равно дѣйствующею*. Въ самомъ дѣлѣ, отъ дѣйствія оной силы тѣло въ первую секунду пріобрѣтетъ нѣкоторую скорость; въ двѣ секунды, получивъ отъ ускорительной силы вдвое болѣе побужденій, оно пріобрѣтетъ двойную скорость, въ три секунды — тройную скорость, и т. д.

Слѣдовательно, ежели въ концѣ первой секунды пріобрѣтенная скорость $= g$, то въ концѣ t секундъ движенія она будетъ

$$v = gt \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Во время сего движенія тѣло въ первую секунду пройдетъ какое нибудь пространство; оно во вторую

секунду пройдетъ три такихъ пространства, въ третью пять пространствъ, и т. д.; такъ что пространства, проходимыя тѣломъ въ каждую послѣдовательную секунду его движенія, составятъ прогрессію нечетныхъ чиселъ 1, 3, 5, 7,...

Еслиже сіи пространства будемъ считать отъ начала движенія; то увидимъ, что онѣ возрастаютъ какъ *квадраты временъ на ихъ переходъ употребленныхъ.* Ибо,когда тѣло въ первую секунду проходитъ пространство $= 1$; то въ двѣ секунды сряду пройдетъ $1 + 3 = 4 = 2^2$; въ три секунды пройдетъ $1 + 3 + 5 = 9 = 3^2$, и т. д.

И вообще, ежели пространство перейденною въ первую секунду будетъ $= \frac{1}{2}g$, то пространство e перейденное тѣломъ въ t секундъ найдется изъ пропорціи

$$\tfrac{1}{2}g : e = 1^2 : t^2$$

$$e = \tfrac{1}{2}gt^2 \ldots\ldots\ldots (2).$$

Если бы въ концѣ времени t равномѣрно-ускорительнаго движенія сила ускорительная перестала на тѣло дѣйствовать; то тѣло, съ пріобрѣтенною скоростью $v = gt$, начнетъ двигаться *равномѣрно*, и въ слѣдующее время t пройдетъ пространство $vt = gt^2$ вдвое больше.

Въ концѣ первой секунды равномѣрно-ускорительнаго движенія перейденное пространство будетъ $e = \frac{1}{2}g$, полагая $t = 1''$; а *скорость*, *пріобрѣтенная тѣломъ въ концѣ оной секунды*, *будетъ* $v = g$ *вдвое болье пространства перейденнаго въ первую секунду.* Сія скорость g пропорціональна ускорительной силѣ, и принимается за мѣру оной. Ибо очевидно, что сила, способная сообщить тому же тѣлу скорость $2g$ или $3g$ въ концѣ первой секунды его равномѣрно-ускорительнаго движенія, будетъ вдвое или втрое болѣе.

(Теоретическій выводъ формулъ (1) и (2) смотри въ концѣ книги, *Прибавленіе I.*)

Исключая время t между формулами (1) и (2), получится выраженіе скорости

$$v^2 = 2ge \dots\dots\dots\dots (3)$$

$$\text{или } v = \sqrt{2ge},$$

независимое отъ времени.

А дѣля уравненіе (3) на $v = gt$, получится

$$v = \frac{2e}{t} \dots\dots\dots\dots (4);$$

то есть, *скорость тѣла, движущагося равномѣрно-ускорительно, равна двойному пространству, раздѣленному на время.*

Для другаго времени t' равномѣрно-ускорительнаго движенія тогоже тѣла, и при дѣйствіи той же силы g, мы имѣли бы

$$v' = gt', \; e' = \tfrac{1}{2}gt'^2, \; v'^2 = 2ge', \; v' = \frac{2e'}{t'}$$

Сравнивая сіи уравненія съ предъидущими, найдется, что

1) скорости пропорціональны временамъ

$$v : v' = t : t';$$

2) пространства переходимыя пропорціональны квадратамъ временъ или скоростей

$$e : e' = t^2 : t'^2;$$

$$3) \dots\dots\dots\dots v : v' = \frac{2e}{t} : \frac{2e'}{t'} = \frac{e}{t} : \frac{e'}{t'};$$

то есть, *скорости прямо пропорціональны пространствамъ, и обратно пропорціональны временамъ*, какъ и въ равномѣрномъ движеніи.

4) Если бы ускорительныя силы g, g' были различны, то изъ $v^2 = 2ge$, $v'^2 = 2g'e'$, получили бы

$$g : g = \frac{v^2}{e} : \frac{v'^2}{e'};$$

а полагая $e = e'$, будетъ

$$g : g' = v^2 : v'^2;$$

то есть, *ускорительныя силы пропорціональны квадратамъ скоростей, кои онѣ способны сообщить равнымъ массамъ на одинакихъ пространствахъ.* Симъ онѣ и отличаются отъ силъ мгновенныхъ, коихъ дѣйствіе измѣряется массою, помноженною на скорость.

45. Если бы до начала равномѣрно-ускорительнаго движенія тѣло имѣло уже скорость a, то чрезъ t секундъ его равномѣрноускорительнаго движенія, непрерывная сила увеличитъ сію скорость на количество gt; слѣдственно вся скорость тѣла сдѣлается

$$v = a + gt.$$

Перейденное же пространство будетъ

$$e = at + \frac{1}{2}gt^2.$$

Мы увидимъ, что всякое тѣло свободно падающее, или катящееся по наклонной плоскости, имѣетъ равномѣрно-ускорительное движеніе.

2. *Движеніе равномѣрно-укоснительное.*

46. *Равномѣрно-укоснительнымъ движеніемъ* называется такое, въ которомъ скорость движущагося тѣла уменьшается пропорціонально времени, то есть, въ равныя времена на равныя количества. — Оно произойдетъ тогда, когда на тѣло, движущееся со скоростію a, начнетъ дѣйствовать, въ противную сторону, какая нибудь сила *непрерывно* и *равно*. Тогда *скорость* тѣла, въ концѣ времени t, сдѣлается

$$v = a - gt;$$

а *перейденное пространство* во время t будетъ

$$e = at - \frac{1}{2}gt^2.$$

Мы увидимъ, что всякое тѣло, брошенное вертикально снизу вверхъ, имѣетъ такого рода движеніе.

3. *Движенiе криволинейное* (вообще.)

47. Движущееся тѣло только тогда будетъ безпрестанно перемѣнять направленiе пути своего, когда на него будетъ дѣйствовать или непрерывная сила, не находящаяся на направленiи движенiя, или многiя мгновенныя силы, одна послѣ другой, стремясь тѣлу дать новое направленiе движенiя въ каждой точкѣ его пути.

Положимъ, что тѣло A (фиг. 12.) получило такое побужденiе отъ мгновенной силы, по направленiю Ax, что оно въ каждую секунду времени стало бы проходить пространства $AB = Bm = mx$, и что при точкѣ B подѣйствуетъ на него новая сила Bf, способная сообщить ему скорость Bf; то тѣло, имѣя двѣ скорости Bm, Bf, опишетъ дiагональ BC паралелограма $BmCf$, и получитъ скорость $BC = Cn$. Ежели при C подѣйствуетъ на тѣло еще сила Cg, способная сообщить ему скорость Cg; то оно опишетъ дiагональ CD параллелограма $CnDg$, и получитъ скорость CD, и т. д. По сему путь тѣла будетъ многоугольникъ ABCD..., который обратится въ кривую линiю, ежели посторонiя силы Bf, Cg, ... будутъ дѣйствовать на тѣло одна послѣ другой въ каждое послѣдовательное мгновенiе. Очевидно, что скорость тѣла въ каждой точкѣ его пути будетъ вообще различна, и движенiе перемѣнное. Ежели въ какой ни есть точкѣ пути, силы перестанутъ на тѣло дѣйствовать, то оно начнетъ двигаться равномѣрно по касательной линiи, проведенной въ оной точкѣ къ криволинейному пути.

Изъ различныхъ криволинейныхъ движенiй мы разсмотримъ здѣсь только то, которое происходитъ отъ совокупнаго дѣйствiя силъ мгновенной и непрерывной.

4. *Движенiе Центральное.*

48. *Центральное движенiе* производится двумя силами, дѣйствующими на тѣло подъ угломъ, изъ коихъ одна *мгновенная* или *метательная* (f. projectile), съ каковою тѣло бываетъ брошено, и которая заставила бы оное двигаться равномѣрно по прямой линiи; другая же сила *непрерывная*, дѣйствующая изъ постояннаго центра, стремящаяся привлечь къ себѣ тѣло, гдѣ бы оное не находилось, и которую называютъ *силою центростремительною* (f. centripète). Обѣже оныя силы извѣстны подъ именемъ *центральныхъ*. Отъ совокупнаго дѣйствiя оныхъ силъ тѣло и описываетъ кривую линiю около постояннаго центра.

Въ самомъ дѣлѣ, пусть на тѣло A (фиг. 13.) дѣйствуетъ сила метательная Af, и сила центростремительная Ap изъ постояннаго центра O во всѣ стороны. Отъ совокупнаго ихъ дѣйствiя въ первое мгновенiе тѣло опишетъ чрезмѣрно малую дiагональ Ab. Во второе мгновенiе сила метательная будетъ $bf' = Ab$, а сила центростремительная пусть $= bp'$; то тѣло опишетъ еще дiагональ bc, и такъ далѣе; и путь тѣла будетъ кривая линiя $Abcde$, состоящая изъ множества чрезмѣрно малыхъ дiагоналей. Сiи дiагонали Ab, bc, cd, . . . , сливающiяся съ касательными линiями проводимыми къ кривому пути, представляютъ намъ *скорости*, въ разныхъ точкахъ сего пути.

По дѣйствiю силы метательной тѣло безпрестанно стремится итти по прямой касательной къ кривому пути, и непрерывное обнаруживаетъ усилiе отъ онаго отклоняться; центростремительная же сила, побуждая тѣло къ центру, стремится безпрестанно прео-

долѣть оное усиліе, и удержать тѣло на криволинейномъ пути. Усиліе съ каковымъ тѣло стремится отклоняться отъ криваго пути, и которое центростремительная сила преодолѣвать должна, называется силою *центробѣжною* (f. centrifuge). Сіе *усиліе отклоненія*, въ каждое мгновеніе времени, выражается линіями bf, cf', df'', ..., и равняется напряженію Ap, bp', cp''.... силы центростремительной.

49. *Законъ сохраненія площадей.* — Какую бы кривую линію тѣло ни описывало во время центральнаго движенія, всегда *секторы, описуемые радіусомъ векторомъ, бываютъ пропорціональны временамъ.* Для доказательства сего закона, положимъ, что тѣло A, центральными силами въ первое мгновеніе перешло пространство Ab; оно и въ слѣдующее мгновеніе прошло бы пространство $bf' = Ab$, если бы сила центростремительная перестала на него дѣйствовать. Но какъ оная сила bp' заставитъ тѣло итти по діагонали bc, то оно во второе мгновеніе придетъ въ c; слѣдственно радіусъ векторъ (*) опишетъ площадь bOc. Очевидно, что площади треугольниковъ AOb, bOf' и bOc суть равны между собою; а сіе и показываетъ, что радіусъ векторъ въ равныя времена описываетъ равныя площади.

50. Обратно, *ежели при движеніи тѣла около какого ни есть центра, радіусы векторы описываютъ равныя площади въ равныя времена, то тѣло движется центральными силами, и одна изъ оныхъ стремится привлекать тѣло къ оному центру.* Ибо, ежели площадь

(*) Радіусъ векторъ есть прямая, соединяющая движимое тѣло съ центромъ O силъ.

$bOc = AOb$; то продолжимъ Ab, отложимъ $bf' = Ab$, соединимъ f' съ O и c, получится площадь $Obf' = AOb = bOc$.

Но площадь треугольниковъ Obf' и bOc, имѣя общее ваніе bO, тогда будутъ равны, когда ихъ вершины будутъ лежать на линіи $f'c$ ⌗ bO. Слѣдовательно, ежели провесть cp' ⌗ bf', то увидимъ, что отклоняющая сила bp' направлена къ центру O.

51. *Отношеніе между скоростями.* — Линіи Ab и bc, переходимыя тѣломъ въ равныя мгновенія и сливающіяся съ касательными описываемой кривой, представляютъ намъ скорости; и поелику площади

$$AOb = bOc,$$

$$\text{или } Ab.\tfrac{1}{2}h = bc.\tfrac{1}{2}h',$$

(означая чрезъ h, h' высоты треугольниковъ AOb, bOc), то слѣдуетъ, что

$$Ab : bc = h' : h;$$

то есть, *скорости въ каждой точкѣ пути суть обратно пропорціональны перпендикулярамъ, опущеннымъ изъ центра силъ на направленія касательныхъ, проведенныхъ въ оныхъ точкахъ.*

Слѣдственно, чѣмъ ближе тѣло находится къ центру O, тѣмъ его скорость должна быть болѣе.

Еслибы тѣло центральными силами описывало окружность круга (изъ центра коего дѣйствуетъ центростремительная сила), то его скорости Ab и bc были были бы вездѣ равны; ибо въ семъ случаѣ $h = h' \ldots$, какъ радіусы.

52. *Величина силы центростремительной или силы центробѣжной, при движеніи по кругу, равна квадрату скорости, раздѣленному на радіусъ онаго.*

Положимъ, что въ малѣйшую единицу времени тѣло *a* (фиг. 14.) описало весьма малую дугу *ab* круга, отъ дѣйствія силы центростремительной направленной по радіусу *ao*, и силы мгновенной, дѣйствующей по касательной *ax*; то заключивъ параллелограмъ *acbx*, найдется, что въ сію единицу времени тѣло перешло бы ускорительнымъ движеніемъ пространство *ac* повинуясь силѣ центростремительной, и пріобрѣло бы скорость $f = 2ac$, пропорціональную оной силѣ (44). Но какъ

$$ac = \frac{ab^2}{2r},$$

полагая $ao = r$, и считая дугу за хорду *ab*; то

$$f = \frac{2ab^2}{2r}.$$

А какъ *ab* есть скорость тѣла, которую назовемъ чрезъ *v*, то

$$f = \frac{v^2}{r}.$$

Означивъ чрезъ *t* время употребленное на переходъ всей окружности $2\pi r$, найдется

$$\frac{\pi r}{t} = v, \text{ почему}$$

$$t = \frac{4\pi^2 r}{t^2}.$$

Слѣдственно, *центростремительная или центробѣжная сила прямо пропорціальна радіусу, и обратно пропорціональна квадрату полнаго обращенія.*

53. Для такогоже тѣла, движущагося по другому кругу, нашли бы

$$F = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \text{ слѣдственно}$$

$$f : F = \frac{r}{t^2} : \frac{R}{T^2};$$

а полагая, что силы f, F дѣйствуютъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, т. е.

$$f : F = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{R^2}, \text{ найдется}$$

$$\frac{1}{r^2} : \frac{1}{R^2} = \frac{r}{t^2} : \frac{R}{T^2}, \text{ откуда}$$

$$t^2 : T^2 = r^3 : R^3;$$

то есть, въ ономъ случаѣ, *квадраты временъ полныхъ обращеній относятся какъ кубы радіусовъ круговъ или описываемыхъ орбитъ.*

54. Видъ кривой линіи, описываемой тѣломъ, зависитъ вообще отъ закона, по коему дѣйствуетъ центростремительная сила. Когда оная дѣйствуетъ въ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній отъ постояннаго центра, то кривая описываемая бываетъ кругъ, эллипсисъ, парабола или гипербола, коихъ одинъ фокусъ находится въ самомъ центрѣ дѣйствія.

Ежели метательная сила подѣйствуетъ на тѣло по направленію, непроходящему чрезъ центръ его массы; то бывъ подвержено силѣ центростремительной, будетъ имѣть поступательное движеніе около центра силъ и въ то же время будетъ обращаться около своей оси.

Познаніе центральнаго движенія и законовъ онаго весьма важно; ибо всѣ планеты движутся около солнца центральными силами, и описываютъ эллипсисы, имѣющіе одинъ общій фокусъ, въ коемъ находится солнце, какъ центръ притяженія нашей солнечной системы.

55. *Примѣры центробѣжной силы въ природѣ.* Въ природѣ мы находимъ множество примѣровъ, изъ коихъ видно, что всякое тѣло, описывающее кругъ около центра или около оси, безпрестанно стремится отъ него удаляться по дѣйствію раждающейся въ немъ центробѣжной силы.

1) Ежели какой нибудь шарикъ, привязанный къ ниткѣ, станемъ обращать около руки, то онъ натягиваетъ нить тѣмъ сильнѣе, чѣмъ скорѣе обращается, и даже можетъ порвать оную.

2) Ежели два шарика (фиг. 15.) надѣть на проволоку AB, укрѣпленную горизонтально на деревянной подставкѣ ABEF, и привесть весь оный приборъ въ быстрое круговое движеніе около оси CD; то шарикъ, поставленный внѣ оси вращенія, тотчасъ побѣжитъ прочь отъ оной; шарикъ же поставленный на самой оси, останется въ покоѣ, потому что во всѣ стороны будетъ одинаково побуждаться центробѣжною силою.

3) Симъ же изъясняется: подниманіе воды въ насосѣ Гессена; дѣйствіе коническаго маятника въ паровыхъ машинахъ; дѣйствіе вентиляторовъ, и проч.

56. *Ежели различныя тѣла описываютъ равные круги съ равными скоростями, то онѣ пріобрѣтаютъ центробѣжныя силы пропорціональныя ихъ массамъ.* Ибо, въ семъ случаѣ, каждая частичка тѣла получаетъ центробѣжную силу; а слѣдственно, чѣмъ ихъ болѣе находится въ какомъ тѣлѣ, тѣмъ оно большую получитъ и центробѣжную силу. И такъ, ежели единица массы получаетъ центробѣжную силу

$$f = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$$

то масса m, получитъ центробѣжную силу.

$$f' = \frac{4\pi^2 m r}{t^2},$$

Сей важный законъ подтверждается многими наблюденіями:

1) Ежели на горизонтальную проволоку ed (ф. 16) надѣнемъ два мѣдныхъ шара a и b, связанные между собою по-

посредствомъ проволоки, и притомъ такіе, чтобы масса (или вѣсъ) m' шара b была втрое болѣе массы m шара a; и потомъ весь приборъ приведемъ въ быстрое круговое движеніе около оси ps : тогда центробѣжная сила массы m будетъ

$$f = \frac{m \cdot 2\pi^2 ac}{t^2},$$

а для массы $m' = 3m$, будетъ

$$f' = \frac{3m \cdot 4\pi^2 \cdot bc}{t^2}; \text{ посему}$$

$$f : f' = ac : 3bc.$$

При семъ, ежели $ac < 3bc$, то будетъ $f < f'$, и оба шара побѣгутъ къ n.

Ежели $ac = 3bc$, то будетъ $f = f'$, и шары останутся на своихъ мѣстахъ.

Ежели $ac > 3bc$, то будетъ $f > f'$, и шары побѣгутъ къ m.

Ежели $ac = bc$, то будетъ $f' = 3f$, и шары побѣгутъ въ сторону большей массы m'.

2) Ежели въ круговомъ желобѣ будутъ обращаться разныя тѣла съ равными скоростями, то тяжелѣйшія изъ нихъ, получая большую центробѣжную силу, будутъ сильнѣе удаляться отъ центра къ наружной стѣнкѣ желоба, и будутъ вытѣснять тѣла легчайшія съ пути своего, кои посему начнутъ приближаться къ центру. На семъ основывается очищеніе хлѣбныхъ зеренъ посредствомъ грохотовъ.

Ежели на деревянной подставкѣ MN (ф. 17) утвердить двѣ наклонныя трубки AB и BC, изъ коихъ въ одной налита вода и ртуть, а въ другой масло и пробковой шарикъ; то, при спокойномъ состояніи сего прибора, ртуть стоитъ ниже воды, а пробковый шарикъ плаваетъ

вверху масла. Но какъ скоро сей приборъ приведется въ быстрое движеніе около оси DE; то ртуть, получивши большую центробѣжную силу, поднимется вверхъ, а вода опустится внизъ; пробковый шарикъ также опустится внизъ, и проч.

Теперь не трудно понять, отъ чего въ частяхъ машинъ, имѣющихъ вращательное движеніе около осей, требуется оныя части располагать такъ, чтобы ихъ центръ массы находился на оси вращенія; ибо въ семъ только случаѣ центробѣжная сила во всѣ стороны будетъ дѣйствовать одинаково, и не будетъ стремиться сдвинуть ось вращенія.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

О силахъ, дѣйствующихъ непрерывно въ тѣлахъ природы.

57. Силы, дѣйствующія непрерывно въ тѣлахъ природы, суть: *притяженіе* обнаруживающееся преимущественно въ частяхъ тѣлъ вѣсомыхъ, и *сила расширительная* матерій невѣсомыхъ.

Притяженіе матеріи тѣлъ вѣсомыхъ извѣстно подъ названіями частичнаго притяженія, тяжести и тяготѣнія, смотря по тому, разсматривается ли оное между частичками тѣлъ, или между тѣлами и ихъ планетою, или между планетами вообще.

Расширительная сила преимущественно обнаруживается въ дѣйствіяхъ теплорода.

О взаимномъ притяжении матерiи и тѣлъ вѣсомыхъ.

58. Матерiя во вселенной не разсѣяна по безконечному пространству; но частички ея совокуплены въ большiе или меньшiе объемы, и удерживаются между собою во взаимной связи нѣкоторою силою.

Всѣ явленiя показываютъ, что сила, удерживающая части тѣлъ во взаимной связи, обнаруживается изъ самой матерiи; а потому и назвали ее *частичнымъ притяженiемъ* (attraction moléculaire), *силою сцѣпленiя*, и проч. 1) Ежели на гладкой горизонтальной плоскости положить двѣ капли ртути, большую и малую, и потомъ станемъ большую приближать къ малой; то, во время ихъ прикосновенiя, малая капля устремится къ большой, и съ нею сольется, какъ будто бы ея части были привлекаемы къ частичкамъ первой. — 2) Ежели растворить какую нибудь соль въ водѣ, и станемъ оный растворъ выпаривать, то частички соли, сближаясь между собою, начинаютъ притягиваться одна къ другой, и образовать правильныя тѣла, въ которыхъ крѣпко держатся между собою силою взаимнаго притяженiя. 3) Сближая между собою частички паровъ и даже газовъ (силою давленiя или силою охлажденiя), можно довести ихъ до того, что онѣ начнутъ слепляться и образовать капли. 4) Отъ дѣйствiя частичнаго притяженiя зависитъ намоканiе твердыхъ тѣлъ въ жидкостяхъ; отъ сего же зависитъ прилипанiе твердыхъ тѣлъ между собою, и проч.

59. Нѣтъ никакого сомнѣнiя, что сила притяженiя обнаруживается изъ каждой матерiальной частички во всѣ стороны неопредѣленно; но опытъ показываетъ,

что она весьма быстро ослабѣваетъ по мѣрѣ удаленія одной частицы отъ другой, такъ что ея *примѣтное дѣйствіе обнаруживается на разстояніяхъ чрезмѣрно малыхъ и незамѣтныхъ.* Въ самомъ дѣлѣ, ежели взять двѣ стеклянныя, мраморныя или металлическія полированныя плитки, и сложить оныя полированными плоскостями, то онѣ довольно сильно между собою слипаются (будутъ ли находиться въ воздухѣ или въ безвоздушномъ пространствѣ); но ежели положить между ими волосокъ или лоскутокъ весьма тонкой бумаги, то сцѣпленіе между плитками становится вовся незамѣтнымъ. По сему-то мы замѣчаемъ между прикасающимися тѣлами только то сцѣпленіе, которое обнаруживаютъ частички плоскостей приводимыхъ въ прикосновеніе; такъ что сцѣпленіе увеличивается пропорціонально плоскости прикосновенія, но по видимому, во вся не зависитъ отъ толстоты оныхъ тѣлъ. Двѣ стеклянныя или мраморныя плитки слипаются одинаково, будутъ ли онѣ толсты или тонки; но ежели увеличится ихъ плоскость прикосновенія, то и сцѣпленіе увеличится, и на оборотъ. Двѣ свинцовыя пули, прикасаясь одна къ другой, не показываютъ примѣтнаго сцѣпленія; но ежели срѣжемъ ихъ такъ, чтобы открылись на нихъ плоскости, и сложимъ оными плоскостями, то онѣ крѣпко слипаются. Двѣ деревянныя доски или два листа бумаги не слипаются между собою, по причинѣ ихъ большой скважности и неровностей поверхности, не позволяющихъ имъ прикасаются во многихъ точкахъ; но ежели покрыть ихъ водою или масломъ, то и онѣ будутъ слипаться: ибо, масло наполняетъ скважины и углубленія на обѣихъ поверхностяхъ, и чрезъ то умножаетъ число точекъ прикосно-

венія. Послѣ сего легко понять, отъ чего холодный сургучь не пристаетъ къ дереву или стеклу, но, будучи растопленъ, наклеивается на оныя. Симъ же изъясняется дѣланіе жести, полуда, склеиваніе, спаиваніе, свариваніе, позолачиваніе, и проч.

60. Все то пространство, въ которомъ одна частичка матеріи обнаруживаетъ замѣтное притяженіе, называется *сферою ощутительнаго дѣйствія;* а ея радіусъ называется *радіусомъ сферы ощутительнаго дѣйствія.*

И такъ сила притяженія существуетъ между матеріею вѣсомыхъ тѣлъ; *она дѣйствуетъ какъ между всѣми матеріями однородными такъ и разнородными въ различныхъ степеняхъ.* Такимъ образомъ многія разнородныя твердыя тѣла намачиваются водою, которая прилипаетъ къ нимъ въ видѣ тончайшаго слоя; онѣ же намачиваются маслами, и другими жидкостями. Сіе намоканіе зависитъ отъ того, что вода къ онымъ тѣламъ имѣетъ большее притяженіе, нежели къ собственной массѣ. Весьма тонкій слой воды къ нимъ прилипаетъ потому, что сила сцѣпленія твердаго тѣла оказываетъ значительное дѣйствіе только при поверхности онаго, и далѣе сего слоя примѣтное дѣйствіе оной не простирается. Если какая нибудь жидкость не способна намачивать твердое тѣло, то отнюдь не должно думать, чтобы не было между ими сцѣпленія : здѣсь жидкость имѣетъ болѣе сцѣпленія къ собственной массѣ, потому она и налипаетъ на оное тѣло. Отъ сего-то дерево, стекло, и проч. не намачиваются ртутью, сало водою, и проч.; отъ сего же вода, медленно выливаемая изъ стекляннаго стакана, льется по его стѣнкѣ, а ртуть не имѣетъ сего свойства.

61. Не должно смѣшивать силу сцѣпленія или частичнаго притяженія съ силою *химическаго сродства*, которая соединяетъ разнородныя матеріи такимъ образомъ, что отъ сего составляется новое тѣло, непохожее своими свойствами на оныя. Ибо многія явленія заставляютъ думать, что соединеніе разнородныхъ веществъ зависитъ не отъ одной силы ихъ сцѣпленія. Посему, въ сложномъ тѣлѣ должно различать двѣ причины, соединяющія части онаго: *силу сродства*, которая соединяетъ разнородныя начала онаго, и *силу сцѣпленія*, которая соединяетъ цѣльныя частички онаго.

О тяжести.

62. Ежели матерія обнаруживаетъ непримѣтное притяженіе во всѣ стороны неопредѣленно, то оное безъ сомнѣнія можетъ быть обнаружено въ тѣлахъ имѣющихъ великія массы. Ибо, чѣмъ болѣе тѣло будетъ содержать матеріи, тѣмъ болѣе должно внѣ его обнаружиться частичныхъ притяженій, кои, какъ бы малы ни были въ отдѣльности, могутъ въ совокупности производить такое дѣйствіе, которое сдѣлается для насъ примѣтнымъ и на значительныхъ разстояніяхъ. Таково дѣйствіе цѣлаго земнаго шара на всѣ тѣла, внѣ его находящіяся. Всякому извѣстно, что всѣ твердыя и капельно-жидкія тѣла, будучи брошены или удалены отъ земной поверхности, опять къ ней возвращаются или *падаютъ*. Сіе стремленіе тѣлъ къ землѣ (и вообще къ своей планетѣ) называется *тяжестію* (gravité); а причина онаго называется *силою тяжести*.

63. Дѣйствіе силы тяжести распространяется, по видимому, отъ центра земнаго шара во всѣ стороны. Ибо тѣла, свободно пущенныя, падаютъ перпендикулярно

къ земной поверхности; тѣло повѣшенное на ниткѣ, и называемое *отвѣсомъ*, притягиваясь къ землѣ, въ спокойномъ состояніи, натягиваетъ нить по направленію земнаго радіуса, гдѣ бы оно ни находилось. Въ семъ случаѣ направленіе нити, поддерживающей тѣло, называется *отвѣснымъ* или *вертикальнымъ;* и всякая плоскость, перпендикулярная къ сему направленію, называется *горизонтальною.* Стремленіе всякаго тѣла падать по вертикальному направленію зависитъ отъ того, что масса земли расположена симметрически относительно радіуса проходящаго чрезъ падающее тѣло; а потому и нѣтъ причины, почему бы оное тѣло частичнымъ притяженіемъ земли могло быть отвлечено отъ направленія сего радіуса лучше въ одну, нежели въ другую сторону.

По принятому нами понятію, *всѣ тѣла должны быть тяжелы;* ибо всѣ состоятъ изъ матеріи, которой мы приписываемъ притяженіе. Есть впрочемъ нѣкоторыя воздухообразныя жидкости, кои, по видимому, имѣютъ стремленіе удаляться отъ земной поверхности или подниматься вверхъ, таковы многіе пары и газы отдѣляющіеся при горѣніи тѣлъ, таковъ нагрѣтый воздухъ, и проч.; но это зависитъ отъ того, что сіи жидкости относительно воздуха имѣютъ меньшій вѣсъ, и потому давленіемъ онаго вытѣсняются вверхъ. Самая атмосфера земли нашей держится при ея поверхности только силою притяженія къ оной.

65. *Сила тяжести, какъ на части тѣлъ, такъ и на всякое тѣло дѣйствуетъ одинаково;* то есть; въ свободномъ или безвоздушномъ пространствѣ заставляетъ ихъ падать съ одинакою скоростью. Законъ сей первоначально открытъ Галилеемъ Италіанскимъ ученымъ

въ концѣ 16 вѣка; но со всею точностію подтвержд нъ опытами Ньютона въ началѣ 18 вѣка. Онъ, пуская различныя тѣла падать въ безвоздушномъ пространствѣ, показалъ, что золото, свинецъ, дерево, бумага и даже пухъ употребляютъ одно время для паденія съ одинакой высоты.

Законы паденія тѣлъ.

66. *Сила тяжести на всякое падающее тѣло дѣйствуетъ непрерывно и равно*, ибо заставляетъ ихъ падать равномѣрно-ускорительнымъ движеніемъ; то есть, увеличиваетъ скорость падающаго тѣла пропорціонально времени, и заставляетъ проходить пространства пропорціональныя квадратамъ временъ движенія. По крайней мѣрѣ сіе можно замѣтить на тѣхъ высотахъ, на которыхъ мы можемъ наблюдать паденіе тѣлъ. Законы паденія тѣлъ со всею точностію оправдываются посредствомъ Атвудовой машины. Сія машина состоитъ изъ длинной вертикальной подставки EEF (ф. 18), поддерживающей весьма подвижное колесо K, имѣющее видъ блока, чрезъ которое перекинута нить столь тонкая, чтобы ея вѣсъ не имѣлъ вліянія на производство опыта. Къ концамъ сей нити привѣшиваются двѣ гири D, D′, одинакаго вѣса и объема, дабы онѣ могли себя уравновѣшивать, гдѣбъ ни были поставлены. Подставка EE раздѣлена на футы, дюймы и линіи, для измѣренія переходимыхъ пространствъ. При сей машинѣ ставится всегда маятникъ для измѣренія времени; а на подставкѣ придѣлывается полка A, которую можно передвигать вверхъ и внизъ.

Ежели гирю D поставить на нуль дѣленія, и положить на нее металлическую плитку, то равновѣсіе

нарушится; гиря D дѣйствіемъ вѣса плитки начнетъ опускаться внизъ равномѣрно-ускорительно. Въ самомъ дѣлѣ, ежели мы замѣтимъ, что она въ первую секунду времени проходитъ одинъ футъ отъ нуля дѣленія; то въ двѣ секунды пройдетъ ровно 4 фута, и ударитъ о полку A; въ три секунды пройдетъ 9 футовъ, и т. д. Слѣдственно, пространства ею проходимыя отъ начала движенія, будутъ содержаться какъ $1 : 4 : 3 : \ldots = 1^2 : 2^2 : 3^2 \ldots$, то есть, *какъ квадраты чиселъ секундъ.*

На сей же машинѣ можно увѣриться, что ежели тѣло двигалось нѣкоторое время равномѣрно-ускорительно, и ежели въ концѣ сего времени, сила его побуждающая перестанетъ дѣйствовать, то оно, съ пріобрѣтенною скоростію, въ другое такое же время пройдетъ вдвое большее пространство. Для сего на линейкѣ EE утверждается подвижное кольцо B, сквозь которое свободно можетъ проходить гиря D; но которое остановило бы металлическую полоску, на нее положенную, дабы вѣсъ ея пересталъ на гирю дѣйствовать. Тогда усмотримъ, что ежели гиря D перейдетъ равномѣрно-ускорительнымъ движеніемъ *одинъ футъ* въ секунду времени, и пройдетъ сквозь кольцо, то въ слѣдующую секунду она станетъ двигаться равномѣрно, и пройдетъ только *два фута.*

67. Должно замѣтить, что гиря D, обремененная металлическою полоскою или плиткою, падаетъ гораздо медленнѣе, нежели тѣло свободное; потому что сія плитка должна приводить въ движеніе массы гирь D, D′. Но, не смотря на сіе, посредствомъ оной же машины мы можемъ *найти ту скорость, какую пріобрѣтаетъ всякое тѣло въ концѣ первой секунды его свободнаго паденія.*

Пусть 2M есть масса или вѣсъ гирь D, D', m масса плитки, положенной на гирю D. Пусть g есть та скорость, которую бы плитка m пріобрѣла въ 1'' времени, падая свободно; она тогда получила бы силу движенія $= m.g$. Пусть g' есть замѣченная скорость гирь D, D' въ1'' времени, когда онѣ движутся по дѣйствію вѣса плитки m; то сила движенія будетъ $= (2M+m)g'$. Очевидно, что обѣ силы должны быть между собою равны

$$mg = (2M+m)g' \text{; откуда}$$
$$g = \frac{(2M+m)g'}{m}.$$

Ежели 2 M = 28 золотниковъ, m = 2 золот.

$g' = 2$ фут., то получится

$$g = \frac{(28+2).2}{2} = 30 \text{ футовъ.}$$

Такимъ образомъ найдется дѣйствительно, что всякое тѣло свободно падающее проходитъ въ первую секунду около 15 Парижск. футовъ, и пріобрѣтаетъ скорость 30 футовъ. Точнѣе же сія скорость опредѣляется посредствомъ маятника (88, C).

Скорость 30 футовъ, пріобрѣтаемая тѣломъ свободно падающимъ въ концѣ первой секунды, пропорціональна величинѣ силы тяжести и принимается замѣру оной?

Но ежели падающее тѣло движется равномѣрно-ускорительно, то оно въ концѣ времени t должно пройти пространство $e = \frac{1}{2}gt^2$, и получить скорость $v = gt$, или $v^2 = 2ge$, или $v = \frac{2e}{t}$, (44).

По симъ формуламъ можно рѣшать всѣ вопросы, относящіяся къ паденію тѣлъ, полагая g = 30 фут.

1. *Сколько времени тѣло употребитъ, падая съ данной высоты?* — Изъ уравненія $e = \frac{1}{2}gt^2$.

2. *Какова будетъ скорость онаго тѣла въ концѣ паденія?* — Изъ уравненія $v = gt$.

3. *Дано время паденія, найти съ какой высоты тѣло упало?* — Изъ уравненія $e = \frac{1}{2}gt^2$.

4. *Съ какой высоты тѣло должно упасть, чтобъ могло получить данную скорость?* — Изъ уравненія $e = \frac{v^2}{2g}$.

68. *Всякое тѣло, положенное на наклонную плоскость, движется по оной дѣйствіемъ тяжести также равномѣрно-ускорительно;* но скорость его бываетъ менѣе скорости свободнаго паденія: ибо здѣсь сила тяжести $OG = g$ (фиг. 19), побуждающая каждую его частичку, разлагается на двѣ части, одну OE перпендикулярную къ линѣ плоскости (*), и которая уничтожается противодѣйствіемъ оной, другую OF параллельную длинѣ плоскости, которая и движетъ тѣло по оной. Но какъ $OF < OG$, то и движеніе по наклонной плоскости должно быть медленнѣе движенія тѣла свободно падающаго. Изъ $\triangle GOF \backsim \triangle ABC$ имѣемъ

$$OF : OG = BC : AC, \text{ или}$$

$$OF = \frac{OG \cdot BC}{AC} = \frac{g \cdot BC}{AC}.$$

А сіе показываетъ, *что ускорительная сила* OF *движенія по наклонной плоскости относится къ ускорительной силѣ тяжести* $OG = g$, *какъ высота* BC *сей плоскости къ ея длинѣ* AC. Слѣдственно, во сколько

(*) Во всякой наклоненной плоскости даются три вещи: ея *длина, высота и основаніе*. Линія AC, представляющая разрѣзъ плоскости, называется длиною; перпендикуляръ BC, опущенный изъ верхняго ея конца на горизонтальную плоскость AB, называется высотою; а разстояніе AB основаніемъ.

высота BC менѣе длины AC, во столько же OF менѣе силы OG.

Мы видѣли, что тѣло свободно падающее во время t проходитъ пространство $e = \frac{1}{2}gt^2$; тѣло же, катящееся по наклонной плоскости, въ то же время пройдетъ пространство

$$E = \frac{1}{2}OF \cdot t^2:$$

то, сравнивая сіи пространства, имѣемъ

$$E : e = OF : g = BC : AC,$$

т. е. тѣло, катящееся по плоскости, проходитъ пространства, пропорціональныя силѣ OF; а тѣло, свободно падающее, въ тоже время проходитъ пространства, пропорціональныя силѣ тяжести $OG = g$.

Ежели изъ точки B опустить на AC перпендикуляръ BD, то получится $\triangle BCD \backsim \triangle ABC$; слѣдственно

$$BC : AC = DC : BC = E : e.$$

А полагая $e = BC$, будетъ $E = DC$. По сему, *когда тѣло свободно падающее пройдетъ всю высоту* BC, *тѣло катящееся по плоскости пройдетъ отсѣкъ* DC.

Тѣло, свободно падающее, пройдя высоту BC, пріобрѣтетъ скорость

$$v = \sqrt{2g \cdot BC};$$

а тѣло, катящееся по плоскости, пройдя всю ея длину AC, получитъ скорость

$$v' = \sqrt{2OF \cdot AC} = \sqrt{\frac{2g \cdot BC \cdot AC}{AC}} = \sqrt{2g \cdot BC};$$

слѣдовательно *скорости въ обоихъ случаяхъ равны.*

Изъ сего слѣдуетъ, что тѣло, катящееся по нѣсколькимъ плоскостямъ (фиг. 20), сомкнутымъ между собою и наклоненнымъ въ одну сторону, прошедши всѣ оныя плоскости AB, BC, CD, получитъ такую ско-

рость, какую бы оно пріобрѣло, пройдя свободнымъ паденіемъ ихъ общую высоту AE. Такую же скорость оно получило бы, если бы плоскость ABCD была криволинейная.

Дѣйствіе тяжести ни движеніе тѣлъ брошенныхъ.

69. a. Ежели тѣло, подверженное тяжести, будетъ брошено сверху внизъ со скоростію a, то сія скорость во время паденія тѣла, также будетъ увеличиваться на количества пропорціональныя времени. Слѣдственно оно въ концѣ времени t получитъ скорость

$$v = a + gt, \quad (45);$$

и пройдетъ пространство $e = at + \frac{1}{2}gt^2$.

b. Ежели тѣло будетъ брошено вверхъ по вертикальному направленію, то сила тяжести, дѣйствующая на него въ противную сторону непрерывно и равно, будетъ уменьшать его скорость a въ равныя времена на равныя количества, такъ что въ концѣ времени t его скорость будетъ

$$v = a - gt, \quad (46);$$

а перейденное пространство $e = at - \frac{1}{2}gt^2$.

Какъ скоро тѣло потеряетъ свою скорость, то начнетъ падать обратно движеніемъ равномѣрно-ускорительнымъ. При семъ *оно сколько времени будетъ подниматься вверхъ, столькоже времени и обратно падать; и упавши пріобрѣтетъ ту самую скорость, съ какою оно вначалѣ было брошено.* Ибо постоянная сила тяжести, при низхожденіи тѣла по той же высотѣ, будетъ увеличивать его скорость въ такой же прогрессіи, въ какой уменьшала оную при восхожденіи; а слѣдственно во столько же времени сообщитъ ему ту же скорость, во сколько уничтожила оную.

Основываясь на семъ нетрудно рѣшить слѣдующій вопросъ : *Тѣло, брошенное вертикально вверхъ, возвратилось чрезъ 12''; узнать, до какой высоты оно поднялось?* Тѣло сіе употребило 6'' для восхожденія и 6'' для обратнаго паденія. При нисхожденіи, оно падало равномѣрно-ускорительно; слѣдовательно прошло пространство

$$e = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}\cdot30\cdot6^2 = 540 \text{ футовъ.}$$

И такъ тѣло поднялось на 540 футовъ.

Впрочемъ рѣшеніе подобныхъ задачъ относится только для движенія тѣлъ въ безвоздушномъ пространствѣ : въ воздухѣ же всякое движущееся тѣло встрѣчаетъ значительное сопротивленіе, которое не позволяетъ тѣлу достигнуть высоты, получаемой чрезъ вычисленіе. По сей же причинѣ упавшее тѣло не пріобрѣтаетъ той скорости, съ каковою было брошено.

При разсматриваніи онаго случая бросательнаго движенія тѣлъ, можно еще сдѣлать вопросъ : *отъ чего тѣло, брошенное вертикально, возвращается къ тому же мѣсту, съ котораго было брошено, когда мы увѣрены, что мѣсто сіе, при восхожденіи и низхожденіи тѣла, уносится движеніемъ земли на нѣсколько сотъ футовъ?* Сіе не покажется страннымъ, когда замѣтимъ, что тѣла земной поверхности не находятся въ покоѣ, но имѣютъ движеніе около земной оси; слѣдственно имѣютъ ту скорость (горизонтальную), съ каковою переносится мѣсто, гдѣ онѣ находятся. По сему, тѣло, брошенное вверхъ, имѣетъ двѣ скорости : *скорость отъ силы метательной, и скорость движенія около земной оси.* Изъ оныхъ скоростей только первая уменьшается постепенно дѣйствіемъ тяжести, а вторая остается неизмѣнною : сею-то скоростію тѣло и переносится въ сторону движенія земли, куда переносится и наблю-

датель, находящійся на томъ мѣстѣ. Но ежели наблюдатель и тѣло имъ брошенное имѣютъ одинакую скорость обращенія около земли, то какъ бы тѣло ни двигалось въ пространствѣ, оно всегда будетъ ему казаться надъ головою, и слѣдственно упадетъ на то мѣсто, съ котораго было брошено. Давно извѣстно, что ежели на плывущемъ кораблѣ сдѣлать вертикальный выстрѣлъ, то пуля опять возвращается на оный. Сидящіе на кораблѣ, не замѣчая своего движенія, видятъ, что пуля движется надъ ихъ головою; тогда какъ наблюдатель, стоящій на берегу, замѣчаетъ, что она въ пространствѣ описываетъ кривую линію (параболу). И сіе явленіе изъясняется подобною же теоріею.

§ с. Когда тѣло бываетъ брошено косвенно отъ горизонта, то, какъ скоро начинаетъ оно двигаться, тяжесть дѣйствуя на него сверху внизъ, начинаетъ оное отвлекать отъ первоначальнаго направленія, такъ что тѣло сложнымъ движеніемъ описываетъ кривую линію. Въ самомъ дѣлѣ, пусть тѣло A (фиг. 21) брошено по направленію AE такою силою, которая въ равныя единицы времени заставила бы оное проходить равныя пространства $AB = BC = CD = \ldots$; пусть Ag есть то пространство, на которое сила тяжести способна увлечь тѣло къ землѣ въ 1-цу времени : тѣло въ концѣ сего времени не придетъ въ B, но, описавъ діагональ параллелограма $ABbg$, будетъ находиться въ b. Въ концѣ второй единицы времени тѣло придетъ въ c, и будетъ удалено отъ C дѣйствіемъ тяжести на разстояніе $Cc = 4Ag$. Въ концѣ третьей единицы, тѣло придетъ въ d, удалившись отъ D на разстояніе $Dd = 9Ag$, и т. д.; потому что *тяжесть увлекаетъ тѣла къ центру земли на пространства пропорціональныя*

квадратамъ временъ. Слѣдовательно, путь тѣломъ описанный, будетъ *Abcde*; и какъ тяжесть безпрестанно дѣйствуетъ и отвлекаетъ тѣло отъ начальнаго направленія, то линія *Abcde* будетъ кривая, и притомъ *параболы*, ежели движеніе происходитъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Въ самомъ дѣлѣ; принимая AE за ось обсциссъ, и *Ag* за ось ординатъ, находимъ

$$Bb : Cc : Dd : \ldots = 1 : 4 : 9 : \ldots,$$
$$AB : AC : AD : \ldots = 1 : 2 : 3 : \ldots, \text{ или}$$
$$AB^2 : AC^2 : AD^2 : \ldots = 1 : 4 : 9 : \ldots; \text{ посему}$$
$$AB^2 : AC^2 : AD^2 : \ldots = Bb : Cc : Dd : \ldots$$

Сіе свойство исключительно принадлежитъ параболѣ.

О вѣсѣ тѣлъ.

70. Части всякаго тѣла, будучи побуждаемы къ центру земли силами притяженія равными и почти параллельными, обнаруживаютъ давленіе на все, что имъ препятствуетъ приблизиться къ оному. Сумма оныхъ давленій называется *вѣсомъ* тѣла. Онъ есть ничто иное, какъ величина силы равнодѣйствующей всѣхъ тяготѣній частицъ тѣла къ землѣ. Посему, ежели M есть масса тѣла, *g* величина притяженія (или давленія) одной его частички, то *совершенный вѣсъ* P тѣла будетъ

$$P = g + g + g + \ldots = Mg.$$

Сіе показываетъ, что, при одномъ и томъ же дѣйствіи силы тяжести *g*, *вѣсы тѣлъ пропорціональны ихъ массамъ.* Вотъ почему при вычисленіяхъ всегда вмѣсто массъ тѣлъ употребляется вѣсъ оныхъ.

Если бы умѣли находить массу M какого ни есть тѣла, то, при извѣстной силѣ тяжести *g*, мы и могли бы опредѣлять совершенный его вѣсъ *Mg*. Но мы доселѣ еще не имѣемъ никакого средства вычислить

количества матерiи ни въ одномъ тѣлѣ, то и не знаемъ совершеннаго вѣса тѣлъ. Мы можемъ только сравнивать вѣсы тѣлъ по различнымъ ихъ давленiямъ, и можемъ заключать, что вѣсы тѣлъ равны, когда равны давленiя ими производимыя; что вѣсъ тѣла вдвое или втрое болѣе вѣса другаго тѣла, когда оно производитъ вдвое или втрое большее давленiе; и слѣдственно, взявъ вѣсъ какого ни есть тѣла за единицу, можемъ въ сей единицѣ выражать вѣсы другихъ тѣлъ.

71. Говоря о плотности (10), мы видѣли, что $D = \frac{M}{V}$; гдѣ D = плотность тѣла, M его масса, и V его объемъ; отсюда $M = VD$. Изъ сего заключаемъ, что

$$P = Mg = VDg.$$

Для другаго тѣла, въ томъ же мѣстѣ взятаго, будетъ вѣсъ

$$P' = M'D'g.$$

Сравнивая сiи вѣсы, находимъ

$$P : P' = VD : V'D'.$$

Ежели $D = D'$, то $P : P' = V : V'$,

то есть, *вѣсы тѣлъ одинаковой плотности прямо пропорцiональны ихъ объемамъ.*

Ежели $P = P'$, то и $VD = V'D'$; откуда

$$D : D' = V' : V.$$

то есть, *плотности двухъ тѣлъ равнаго вѣса обратно пропорцiональны ихъ объемамъ.*

А сравнивая вѣсы тѣлъ въ равныхъ объемахъ, $V = V'$, находимъ, что сiи *вѣсы прямо пропорцiональны плотностямъ тѣлъ.*

$$P : P' = D : D'.$$

Число $\frac{P}{P'}$, показывающееe, во сколько разъ вѣсъ одного тѣла болѣе или менѣе вѣса другаго тѣла, *когда*

ихъ объемы равны, называется *относительнымъ вѣсомъ* перваго тѣла ко второму. *За единицу относительнаго вѣса* тѣлъ берется вѣсъ чистой воды при ея наибольшей плотности (при температурѣ 4° Цельсіева термометра). Сравнивая съ онымъ вѣсы тѣлъ въ одинаковомъ объемѣ, найдется, что ртуть въ 13,6, а золото въ 19 разъ тяжелѣе воды : здѣсь числа 13,6 и 19 суть относительные вѣсы ртути и золота къ водѣ.

Относительною плотностію называется вѣсъ тѣла въ единицѣ его объема. Вѣсъ воды въ такомъ же объемѣ принимается за единицу плотности. Изъ опытовъ найдено, что 1 Англ. куб. дюймъ чистой воды = 3,84 золот.
1 Англ. куб. футъ — — = 69,21 фунта.

72. Кода данъ относит. вѣсъ a тѣла къ водѣ и его объемъ V, то нетрудно находить вѣсъ всего тѣла. Для сего составимъ пропорцію : въ 1-цѣ объема данное тѣло вѣситъ въ a разъ больше или менѣе такого же объема воды, а въ объемѣ V каковъ будетъ его вѣсъ P;

$$1 : V = a : P\text{; откуда}$$
$$P = Va,$$

то есть, *вѣсъ тѣла равенъ его объему, помноженному на относительный вѣсъ.*

Произведеніе Va, выражено здѣсь въ вѣсѣ кубическихъ единицъ воды, на пр. дюймовъ. Чтобы найти вѣсъ тѣла въ золотникахъ, помножимъ Va на вѣсъ 3,84 золот. куб. дюйма чистой воды, и получится

$$P = Va.3{,}84 \text{ золотниковъ.}$$

Для опредѣленія вѣса тѣлъ употребляются вѣсы различнаго рода. Описаніе вѣсовъ помѣщено ниже при описаніи простыхъ машинъ.

О центрѣ тяжести.

73. Параллельныя силы, коими частички тѣла побуждаются падать къ землѣ, необходимо имѣютъ равнодѣйствующую (равную вѣсу тѣла), проходящую всегда чрезъ одну и туже точку тѣла, въ какомъ бы положенiи оное ни находилось (37, 38). Сiя точка, которую мы называли прежде *центромъ массы*, въ тяжелыхъ тѣлахъ называется *центромъ тяжести* или *центромъ вѣса*; потому что въ оной можно представлять себѣ весь вѣсъ тѣла сосредоточеннымъ. Вертикальная прямая, воображаемая чрезъ сей центръ, называется *линiею направленiя* центра тяжести.

74. Въ тѣлахъ, имѣющихъ вездѣ одинакую плотность, центръ тяжести сливается съ центромъ ихъ фигуры или объема. Такимъ образомъ въ правильныхъ многоугольникахъ, въ кругѣ, шарѣ, и проч. центръ тяжести находится въ ихъ центрахъ.

Всякое тѣло симметрическое относительно оси имѣетъ свой центръ тяжести на оной оси; таковъ прямой цилиндръ, конусъ, и вообще всѣ тѣла вращенiя. Всякое тѣло симметрическое относительно какой нибудь плоскости, имѣетъ свой центръ тяжести въ оной плоскости; наприм. прямой цилиндръ, параллелипипедъ, и проч. Тѣло симметрическое относительно нѣсколькихъ плоскостей имѣетъ центръ тяжести на пересѣченiи сихъ плоскостей.

75. Очевидно, что въ тѣлахъ центръ тяжести находится ближе къ той части, въ которой находится болѣе массы. Слѣдственно въ треугольникахъ,

въ пирамидахъ, конусахъ онъ лежитъ ближе къ основанію, нежели къ вершинѣ.

Впрочемъ центръ тяжести не всегда находится въ массѣ тѣла. Наприм. въ кольцахъ, картинныхъ рамахъ, сосудахъ онъ лежитъ внѣ массы оныхъ тѣлъ.

76. *Тѣло, подверженное дѣйствію тяжести, только тогда можетъ оставаться въ покоѣ, когда его центръ тяжести будетъ удерживаться или неподвижною осью или неподвижною подпорою въ вертикальномъ направленіи къ землѣ.*

Ежели ось поддерживающая тѣло проходитъ чрезъ центръ его тяжести, то тѣло останется въ покоѣ при всѣхъ его возможныхъ положеніяхъ около оной Ежели ось поддерживающая тѣло не проходитъ чрезъ его центръ тяжести, то сіе тѣло можетъ находиться въ равновѣсіи либо когда сей центръ будетъ выше либо ниже оси привѣса. Первое изъ сихъ положеній называется *неустойчивымъ*, а второе *устойчивымъ*. Ибо, въ первомъ случаѣ, хотя равновѣсіе и возможно; но, какъ скоро центръ тяжести хотя немного выйдетъ изъ вертикальной линіи, воображаемой чрезъ ось, то все тѣло перевернется центромъ тяжести внизъ. Второе же положеніе называется *устойчивымъ*, потому что тѣло всегда стремится прійтти въ оное, и дѣйствительно приходитъ послѣ нѣсколькихъ качаній.

Ежели тѣло поставлено на горизонтальной плоскости, то оно только тогда будетъ находиться въ покоѣ, когда линія направленія центра тяжести пройдетъ внутри многоугольника, опредѣляемаго точками, на кои опирается оное тѣло. Ежели тѣло опирается на горизонтальную плоскость одною прямою линіею (напр. цилиндръ) то для его равновѣсія нужно, чтобы линія напра-

вленія центра тяжести проходила чрезъ линію опоры. Ежели тѣло опирается на гориз. плоскость одною точкою (напр. шаръ), то для его равновѣсія нужно, чтобы центръ тяжести съ точкою опоры находился на одной вертикальной линіи. Посему-то шаръ одинаково плотный можетъ стоять въ покоѣ на горизонт. плоскости, ибо его центръ тяжести C въ точкѣ касанія D (фиг. 22) подпертъ собственными его частями по радіусу CD. Сей же шаръ поставленный на наклонную плоскость, не можетъ находиться въ покоѣ.

Шаръ, коего центръ тяжести не находится въ центрѣ его фигуры, но гдѣ нибудь въ точкѣ G (наприм. ежели онъ будетъ пустой, и со стороны G (фиг. 23) будетъ въ немъ помѣщена свинцовая масса), можетъ имѣть только два положенія равновѣсія по діаметру AB; или, опираясь точкою A или точкою B; но изъ сихъ положеній, только первое устойчиво, и сей шаръ на горизонтальной плоскости всегда поворачивается точкою A внизъ, а точкою B вверхъ. Тоже явленіе могутъ представлять и другія округленныя тѣла.

77. Тѣла многогранныя могутъ имѣть нѣсколько положеній, въ коихъ онѣ могутъ оставаться въ покоѣ на гориз. плоскости; но не во всякомъ положеніи тѣло имѣетъ одинакую твердость стоянія. Вообще, *тѣло покоится тѣмъ тверже, чѣмъ болѣе поддерживающее его основаніе, чѣмъ далѣе отъ предѣловъ онаго проходитъ линія направленія центра тяжести, и чѣмъ ближе сей центръ лежитъ къ оному основанію.* Усѣченная пирамида надѣжнѣе стоитъ на большомъ, нежели на маломъ ея основаніи.

78. Ежели части будутъ перемѣнять свое положеніе внутри тѣла, то центръ тяжести будетъ отходить въ ту сторону, куда отходитъ болѣе массы.

Ежели къ тѣлу будетъ прибавлено массы съ какой ни есть стороны, то центръ тяжести перейдетъ ближе къ оной сторонѣ, и на оборотъ.

Положеніемъ центра тяжести изъясняются явленія при балансированіи, хожденіи, вставаніи, ношеніи тяжестей, кувыркаціе Китайскихъ скачковъ, и проч.

79. Въ физикѣ находятся два практическихъ способа находить центръ тяжести въ тѣлахъ:

a. Ежели данное тѣло довольно плоско (напр. ежели это будетъ доска, рама, листъ металлическій, и пр.), то привѣшиваютъ оное свободно за какую нибудь точку C (фиг. 24) и къ сей же точкѣ — отвѣсъ AC (нитку съ гирькою) : тогда сіе тѣло и отвѣсъ послѣ нѣсколькихъ качаній придутъ въ равновѣсіе. Центръ тяжести сего тѣла будетъ съ точкою привѣса C находиться на вертикальной линіи, которую намъ покажетъ отвѣсъ AC. Замѣтивъ сію линію, привѣсимъ оное же тѣло за точку D, и изъ сей точки опустимъ отвѣсъ DF; тогда опредѣлится другая линія DF, противъ которой также будетъ находиться центръ тяжести. Точка G пересѣченія линій BCA и DGF и назначитъ положеніе центра тяжести внутри тѣла.

b. Ежели въ какомъ нибудь тѣлѣ не удобно находить центръ тяжести чрезъ привѣшиваніе; то уравновѣшиваютъ оное на остромъ ребрѣ призмы въ двухъ положеніяхъ AC и DF. Центръ тяжести будетъ находиться противъ точки G внутри тѣла.

Въ длинныхъ шестахъ, полосахъ, проволокахъ брусьяхъ, и проч. центръ тяжести опредѣляютъ

шолько чрезъ одно уравновѣшиваніе оныхъ шѣлъ на остріѣ.

О качательномъ движеніи тѣлъ, могущихъ обращаться около неподвижной оси, и въ особенности о маятникѣ.

80. Всякое шѣло, повѣшенное на оси, не проходящей чрезъ центръ шяжести онаго, и около которой сіе шѣло можешъ свободно обращаться, называюшъ *маятникомъ* или *отвѣсомъ* (pendule). Такой маяшникъ называешся *физическимъ* или *сложнымъ;* ибо состоитъ изъ множества шяжелыхъ качающихся частицъ.

Маяшникъ шолько шогда находишся въ покоѣ, когда его центръ шяжести съ шочкою привѣса находишся на одной вершикальной линіи; еслиже оной центръ вывесть изъ вершикальнаго положенія, и оставить, то онъ по дѣйствію шяжести опять стремишся пришти въ сіе положеніе, качаясь изъ стороны въ сторону. Познаніе законовъ качательнаго движенія составляетъ одинъ изъ важнѣйшихъ предметовъ физической механики; ибо оно подаетъ намъ средство совсею точностію заключать о дѣйствіи силы шяжести.

81 Для открытія всѣхъ обстоятельствъ качательнаго движенія принимается въ рассмотрѣніе маяшникъ *простой*, состоящій изъ одной шяжелой точки А, висящей на линіи АО неимѣющей вѣса; и потомъ уже качательное движеніе всякаго сложнаго маяшника приводятъ къ простому (фиг. 25).

Ежели *простой* маяшникъ АО вывесть изъ вертикальнаго положенія въ ВО, то сила шяжести $Bg = g$, дѣйствующая по правленію на точку В, разложится на двѣ части, имянно: By, по направленію нити ВО, и

Bx, по направленію касательной къ дугѣ BA, описываемой маятникомъ. Сила By будетъ только натягивать нить, а сила Bx будетъ та самая, которая побуждаетъ маятникъ двигаться къ точкѣ A. Маятникъ, дошедши до точки A *ускорительнымъ движеніемъ*, пріобрѣтетъ нѣкоторую скорость v, съ которою будетъ продолжать двигаться по другую сторону точки A, поднимаясь снизу вверхъ, и будетъ имѣть *движеніе укоснительное*. И какъ въ семъ случаѣ скорость v будетъ уменьшаться въ такой же прогрессіи, въ какой она возрастала по дугѣ BA; то тѣло потеряетъ свою скорость описавъ дугу AB′=AB. Отъ точки B′ маятникъ начнетъ возвращаться къ точкѣ A движеніемъ ускорительнымъ; отъ точки A къ B, и обратно, и т. д. Слѣдовательно, маятникъ сталъ бы качаться непрерывно, еслибы не встрѣчалъ сопротивленія отъ воздуха и тренія въ точкѣ привѣса. Но сіи препятствія постепенно уменьшаютъ размахи маятника, и послѣ нѣсколькихъ качаній совершенно прекращаютъ его движеніе.

Цѣлая дуга BAB′; описанная маятникомъ, по обѣ стороны его вертикальнаго положенія, называется *размахомъ* или *качаніемъ*. Продолженіе одного размаха называется *временемъ качанія;* а ∠BOB′ — *шириною размаха*.

82. Времена качаній маятниковъ зависятъ 1) *отъ длины маятниковъ*, 2) *отъ ширины ихъ размаховъ*, *и* 3) *отъ дѣйствія силы тяжести;* но не зависятъ отъ природы вещества маятниковъ и ихъ массы, потому что сила тяжести на всѣ тѣла равно дѣйствуетъ.

Ширина размаховъ маятника имѣетъ только тогда примѣтное вляніе на время его качанія, когда сіи размахи велики: но ежели они очень малы (наприм. не пре-

вышаютъ 10°), то времена качаній дѣлаются независимыми отъ ширины размаховъ; такъ что маятникъ совершаетъ свои качанія въ равныя времена, будутъ ли его размахи въ 6° или въ 4° или въ 2°. Сія *равновременность* качаній маятника замѣчена въ первый разъ Галилеемъ въ 1602 году, и легко можетъ быть подтверждена опытомъ. Для сего должно привесть въ движеніе отдѣльный, хорошо приготовленный маятникъ и сосчитать число совершаемыхъ имъ качаній въ равныя времена (напр. отъ пяти до пяти минутъ) отъ начала до конца его движенія: числа качаній получатся совершенно равныя. Сіе наблюденіе нетолько подтверждаетъ равновременность малыхъ качаній, но показываетъ также, что и *сопротивленіе воздуха не имѣетъ вліянія на продолженіе сихъ качаній.*

83. Длина маятника и величина силы тяжести имѣютъ самое большее вліяніе на продолженіе его качаній. Принимая въ разсмотрѣніе *маятникъ простой*, коего длина $= l$, и означивъ t время одного его качанія, чрезъ g напряженіе силы тяжести, и чрезъ π отношеніе окружности къ діаметру, въ математической механикѣ находятъ

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}:$$

Сія формула чрезвычайно важна въ изслѣдываніяхъ физическихъ. Изъ оной открывается:

a. Что время t одного качанія дѣлается тѣмъ продолжительнѣе, чѣмъ будетъ болѣе длина l маятника, и чѣмъ менѣе сила тяжести g, и на оборотъ. Означивъ буквами T, L и G подобныя же величины для другаго маятника, время его качанія найдется

$$T = \pi \sqrt{\frac{L}{G}};$$

а сравненіе сей формулы съ предъидущею даетъ

$$t : T = \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{L}{G}}.$$

Слѣдовательно, ежели два маятника находятся въ одномъ мѣстѣ, гдѣ $G = g$, тамъ

$$t : T = \sqrt{l} : \sqrt{L},$$

то есть, *времена качаній пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ длины маятниковъ.* Въ самомъ дѣлѣ, ежели взять два маятника, коихъ бы длины относились между собою, какъ $1 : 9$, и заставить ихъ качаться; то тотчасъ увидимъ, что второй маятникъ будетъ качаться втрое медленнѣе перваго, и что дѣйствительно времена ихъ качаній будутъ относиться какъ $\sqrt{1} : \sqrt{9} = 1 : 3$.

b. Ежели маятникъ l совершаетъ n качаній въ нѣкоторое время T', а маятникъ L въ то же время дѣлаетъ N качаній; то первый совершитъ одно качаніе во время $\frac{T'}{n} = t$, а второй — во время $\frac{T'}{N} = T$; откуда имѣемъ

$$t : T = N : n = \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{L}{G}},$$

то есть, *числа качаній суть обратно пропорціональны временамъ качаній.*

Ежели маятники равны, $l = L$, то

$$N^2 : n^2 = G : g,$$

или, *квадраты чиселъ качаній пропорціональны силамъ ихъ побуждающимъ.*

А ежели $g = G$, то $N^2 : n^2 = l : L$.

Чтобы два маятника различной длины, и подверженные различнымъ ускорительнымъ силамъ совершали равновременныя качанія $t = T$, нужно, чтобъ

$$l : L = g : G$$

т. е. чтобъ *ихъ длины были пропорціональны движущимъ ихъ силамъ*.

Каждый маятникъ своими качаніями опредѣляетъ какія нибудь равныя времена; но тотъ маятникъ называется *секунднымъ*, которой каждое качаніе совершаетъ въ секунду времени.

Всѣ сіи законы открыты Галилеемъ.

84. Хотя сіи законы выведены только для простаго маятника, но ихъ не трудно примѣнить и ко всякому сложному. Сложному маятнику, который употребляется въ часахъ, дается видъ полоски или стержня, который однимъ концомъ поддерживаетъ чечевицеобразную гирю, а на другомъ концѣ имѣетъ поперечную ось, обдѣлываемую въ видѣ трехугольной призмы, посредствомъ коей онъ привѣшивается на стальныя, хорошо полированныя подставки. Такой маятникъ состоитъ изъ великаго множества тяжелыхъ частицъ, кои, будучи связаны между собою, всѣ качаются равновременно. Еслибы частички сіи не были соединены между собою, и каждая бы качалась на оси привѣса какъ свободный простой маятникъ; то ближайшія къ оси, стали бы качаться скорѣе тѣхъ, кои далѣе отстоятъ отъ оной : но, бывъ связаны между собою неизмѣннымъ образомъ, дѣйствуютъ одна на другую, и получаютъ измѣненія въ своихъ скоростяхъ. Частички, отдаленныя отъ оси, ускоряются дѣйствіемъ частицъ ближайшихъ къ оси; а сіи обратно замѣдляются движеніемъ частицъ отдаленнѣйшихъ; слѣдственно первыя пріобрѣтаютъ нѣкоторую скорость, а послѣднія теряютъ. Между сими частицами

будетъ находиться рядъ частицъ, лежащихъ на линіи параллельной оси привѣса, кои не будутъ получать никакого измѣненія въ своихъ скоростяхъ, и будутъ слѣдственно качаться какъ равные *простые* маятники. Такія точки называются *центрами каченія.* Разстояніе же центра каченія до оси привѣса и равняется длинѣ простаго маятника, который качается равновременно съ даннымъ сложнымъ. (*)

85. Мѣсто центра каченія въ сложномъ маятникѣ опредѣляется довольно сложнымъ вычисленіемъ. Длину простаго маятника, который бы совершалъ равновременныя каченія съ даннымъ сложнымъ, практически находятъ такъ : дѣлаютъ маятникъ изъ мѣдной проволоки, къ концу которой прикрѣпляютъ платинной шаръ, а къ другому концу горизонтальную стальную ось, обдѣланную въ видѣ призмы (фиг. 26.), обращенной внизъ острымъ ребромъ, и которою повѣсимъ на агатовыя хорошо полированныя подставки. Вычисленіе показываетъ, что сей маятникъ будетъ качаться такъ какъ простой, длина коего равна разстоянію центра тяжести шара до оси привѣса. Ежели сей маятникъ повѣсить близъ маятника сложнаго, и его длину увеличивать или уменьшать, подвигая шаръ по проволокѣ, дотолѣ

(*) Должно различать центръ каченія отъ центра тяжести Чтобы уничтожить вдругъ все движеніе маятника, надлежитъ къ центру каченія приложить силу дѣйствующую въ противную сторону, а не къ центру тяжести. По сей-то причинѣ оную точку называютъ *центромъ ударенія.* Если мы желаемъ сдѣлать ударъ палкою, то не срединою палки (гдѣ находится центръ тяжести) производимъ наибольшее дѣйствіе, но центромъ ударенія, который далѣе отъ руки находится.

пока качанія обоихъ маятниковъ сдѣлаются единовременными; то длина сего простаго маятника покажетъ намъ длину сложнаго маятника, или разстояніе его центра качанія до оси привѣса.

86. Нашедши съ точностію длину L сложнаго маятника, опредѣлимъ съ помощію вѣрныхъ часовъ число N качаній, совершаемыхъ имъ наприм. въ 60″ времени; тогда по пропорціи $N^2 : 60^2 = l : L$, (83, b), найдется *длина l секунднаго маятника*

$$l = \frac{N^2 \cdot L}{60^2}.$$

Такимъ образомъ найдены длины секундныхъ маятниковъ
въ Парижѣ $l = 39{,}12843$ Англ. дюймъ (изъ наблюденій Борды и Сабина),
въ Лондонѣ $l = 39{,}13908$ — — (изъ наблюденій Катера).

87. *Употребленія маятника.* — *Галилей* открылъ, что маятникъ, описывая малыя дуги, совершаетъ равновременныя качанія; а *Гугеній* употребилъ оный въ часахъ для измѣренія времени (около 1656 года).

Маятникъ, употребляемый въ часахъ, состоитъ изъ одной или нѣсколькихъ металлическихъ полосокъ; внизу его укрѣпляется чечевицеобразная гиря, имѣющая острыя края для удобнаго разсѣканія воздуха, и которую посредствомъ гайки подъ нею находящейся можно немного приподнимать или опускать. Верхній конецъ стержня маятника имѣетъ поперечную трехугольную ось, обращенную остріемъ внизъ, и опирающуюся на стальныя весьма полированныя подставки. Часы обыкновенно устроиваются изъ нѣсколькихъ зубчатыхъ колесъ, кои зацѣпляясь другъ за друга, всѣ приходятъ въ движеніе отъ движенія одного перваго колеса. Сіи колёса такъ строятся,

чтобы, при ихъ движеніи, стрѣлки, насаженныя на ихъ осяхъ показывали на цыфирной доскѣ часы, минуты, секунды. На оси перваго или секунднаго колеса *xy* навивается гибкой снурокъ, поддерживающій гирю *p*. Сія гиря, натягивая снурокъ, заставилабы оное колесо двигаться *равномѣрно-ускорительно*; но какъ нужно, чтобы оно обращалось *равномѣрно*, то для сей цѣли и привѣшивается позади онаго маятникъ, который вверху соединяется съ мѣдною дугою *zz'* имѣющею видъ якоря, которая своими зубцами зацѣпляетъ за зубцы колеса *xy*. Сія дуга, называемая *спускомъ*, выдумана Грагамюмъ славнымъ Англійскимъ часовщикомъ, и устроивается такъ, что когда маятникъ находится въ покоѣ, то ея зубцы находятся между зубцами колеса *xy*, и непозволяютъ гирѣ р обращать оное. Ежели маятникъ вывесть изъ вертикальнаго положенія въ сторону А, то колесо дѣлается свободнымъ, и поворачивается гирею *p*. дотолѣ, пока маятникъ опять придетъ въ вертикальное положеніе. Выходя изъ сего положенія въ сторону A', онъ опять даетъ свободу колесу. Такимъ образомъ, по истеченіи равныхъ временъ, маятникъ останавливаетъ и отпускаетъ секундное колесо, которое отъ сего движется равномѣрно, и измѣряетъ время числомъ качаній.

На длину маятника имѣетъ вліяніе теплота и холодъ, отъ чего она становится болѣе или менѣе, и движеніе маятника дѣлается медленнѣе или скорѣе. Говоря о расширеніи тѣлъ отъ дѣйствія теплорода, мы увидимъ, какимъ образомъ дѣлаются маятники *уравнительные* или *неизмѣнные*, коихъ ходъ постояненъ.

Маятникъ употребляется также для устроенія *метрономовъ*, служащихъ для опредѣленія скорости игры

музыкальныхъ сочиненій, и для пріученія слуха къ ровной игрѣ.

88. Маятникъ еще важнѣе для физики; ибо *онъ служитъ вѣрнѣйшимъ орудіемъ для открытія законовъ дѣйствія притягательныхъ и даже отталкивательныхъ силъ природы:*

А. Онъ показываетъ намъ направленіе дѣйствія тяжести, и служитъ средствомъ для нахожденія центра тяжести въ тѣлахъ.

В. Онъ лучшимъ образомъ убѣждаетъ насъ, что тяжесть на всѣ тѣла дѣйствуетъ равно; ибо, маятники, имѣющіе одинакую длину, качаются равновременно, изъ какихъ бы они тѣлъ ни были сдѣланы.

С. Въ одномъ и томъ же мѣстѣ маятникъ всегда качается съ одинакою скоростью, ежели длина его не измѣняется; а сіе показываетъ, что *сила тяжести въ ономъ мѣстѣ не измѣняется.* Маятникъ же даетъ намъ средство опредѣлять и величину тяжести въ ономъ мѣстѣ: для сего нужно только найти время t одного его качанія, и длину его l, то изъ уравненія $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, найдется

$$g = \frac{\pi^2 l}{t^2}.$$

Напримѣръ, зная что длина секунднаго С. Петербургскаго маятника $l = 30{,}625$ Париж. футамъ, для коего $t = 1''$, найдется для Санктпетербурга тяжесть $g = 30{,}2252$ Париж. футамъ, кои выражаютъ скорость, сообщаемую тѣламъ силою тяжести въ первую секунду ихъ свободнаго паденія. Слѣдственно, половина сего числа, 15,113 П. ф. есть пространство проходимое тѣломъ, свободно падающимъ, въ первую секунду.

D. Одинъ и тотъ же маятникъ медленнѣе качается на вершинахъ высокихъ горъ, нежели при подошвѣ оныхъ; а сіе показываетъ что сила тяжести ослабѣваетъ съ удаленіемъ отъ центра земли. Это замѣтили Бугеръ и Кондаминъ, имянно: маятникъ, сдѣлавшій въ 24 часа 98770 качаній на берегу моря, совершилъ только 98748 качаній въ Квито на высотѣ 8796 футовъ; а на горѣ Пихинхѣ на возвышеніи 14604 фута выше морской поверхности, онъ сдѣлалъ 98720 качаній въ такое же время.

E. Съ помощію маятника открыто, что *сила тяжести различна на различныхъ широтахъ земной поверхности.* Именно, она имѣетъ наибольшее дѣйствіе при полюсахъ, а отъ полюсовъ къ Экватору становится постепенно слабѣе. Сей важный законъ замѣченъ сперва Ришеромъ (1672 года), который для астрономическихъ наблюденій, бывъ отправленъ на островъ Каэнну лежащій почти подъ 5° южной широты, усмотрѣлъ, что вѣрный маятникъ, взятый имъ изъ Парижа, началъ качаться медленнѣе, и отставалъ въ сутки на 148 секундъ. Послѣ Ришера многіе другіе ученые, наблюдая качанія одного и тогоже неизмѣннаго маятника, показали, что онъ вообще качается скорѣе въ мѣстахъ полярныхъ, и медленнѣе въ мѣстахъ экваторіальныхъ; а сіе только тогда можетъ быть, когда тяжесть при полюсахъ будетъ значительнѣе, нежели подъ Экваторомъ. Для опредѣленія измѣненій въ дѣйствіи тяжести, берется какой нибудь *неизмѣнный маятникъ* изъ такого мѣста, въ которомъ величина g тяжести вѣрно опредѣлена, напр. изъ Парижа или Лондона. Положимъ, что сей маятникъ въ Парижѣ совершаетъ n качаній при поверхности моря въ часъ

времени; перенесемъ его на другую широту, и заставимъ качаться также часъ времени при поверхности моря, и пусть на ономъ мѣстѣ онъ сдѣлаетъ n' качаній. Назвавъ чрезъ g и g' величины силы тяжести въ Парижѣ и на оной широтѣ, получимъ

$$n^2 : n'^2 = g : g', \quad (83, b)$$

гдѣ три члена n, n', g будутъ извѣстны, слѣдовательно найдется сила g'.

И такъ, чтобы секундный маятникъ вѣрно измѣрялъ время на разныхъ широтахъ, то, переходя отъ полюса къ экватору, надлежитъ его укорачивать, такъ *чтобы длины его на разныхъ пунктахъ земли были пропорціональны тяжести* (*).

Сему измѣненію тяжести найдены двѣ причины: форма земли, и ея суточное обращеніе. 1) Земля у полюсовъ сжата, а подъ экваторомъ возвышена; посему тѣла, лежащія ближе къ полюсамъ, находятся ближе къ центру земли, а потому и сильнѣе притягиваются оною. 2) Во время суточнаго обращенія земли около своей оси, *всѣ части ея описываютъ круги въ одно время*,

(*) Слѣдующая таблица даетъ понятіе объ измѣненіи тяжести изъ длинъ секундныхъ маятниковъ:

Широты:		*Длины секунд. маятниковъ:*	
Экваторъ	0°,00	0,990925	метра.
	20°,00	0,991528	—
	48° 50′ 14″......	0,993846	—
	60°,00	0,994791	—
	80°,00	0,095924	—

Длины сіи вычислены по сравненію съ точною опредѣленною длиною Парижскаго секунднаго маятника, по формулѣ

$$l = 0.09909246\ (1 + 0{,}0052022 sin \lambda^2)\ \text{метр.},$$

гдѣ l есть длина секунднаго маятника на широтѣ λ.

и отъ того *пріобрѣтаютъ центробѣжныя силы, пропорціональныя радіусамъ круговъ ими описываемыхъ.* И дѣйствительно, ежели ABCD (фиг. 28.) представляетъ намъ земной шаръ, обращающійся около оси pp', EE' его экваторъ, AB, CD два параллельныхъ круга; то тѣла E, A получаютъ центробѣжныя силы

$$f = \frac{4\pi^2.EO}{T^2},\ f' = \frac{4\pi^2.An}{T^2} \qquad (52),$$

гдѣ T есть время суточнаго обращенія земли; и слѣдовательно $f : f' = EO : An$.

А какъ центробѣжная сила стремится всякое тѣло удалить отъ земной поверхности, то она и уменьшаетъ дѣйствіе тяжести на всѣ тѣла, исключая тѣхъ, кои лежатъ на полюсахъ: только на Экваторѣ она уменьшаетъ дѣйствіе тяжести болѣе, нежели на другихъ мѣстахъ земли, какъ потому что на семъ кругѣ она есть наибольшая, такъ и потому, что она здѣсь прямо противодѣйствуетъ тяжести; на другихъ же параллельныхъ кругахъ сила тяжести менѣе ослабляется, потому что сила центробѣжная на нихъ раждается меньшая, такъ и потому, что она не прямо противъ тяжести дѣйствуетъ.

Еслибы мы желали найти отношеніе между центробѣжною силою и тяжестію на Экваторѣ, то взявъ

$$f = \frac{4\ \pi^2.Eo}{T^2},$$

въ оное подставивъ $\pi = 3{,}14159$,

$Eo = 6376464$ метра = радіусъ экватора

$T = 86164$ секунды, или время суточнаго обращенія; найдется $f = 0{,}0339$ метра.

А изъ наблюденіи найдено, что скорость, сообщаемая падающему тѣлу на экваторѣ въ первую секунду, равна 9,78 метрамъ. Очевидно, что сіе число изображаетъ

разность между полною тяжестью G и центробѣжною силою f

$$G - f = G - 0{,}0339 = 9{,}78 \text{ метр.}$$

Слѣдственно полная тяжесть на экваторѣ

$$G = 9{,}8139 \text{ метрамъ};$$

$$\text{и } f : G = 0{,}0339 : 9{,}8139; \text{ или}$$

$$f = \tfrac{1}{289} \cdot G = (\tfrac{1}{17})^2 \cdot G;$$

то есть, *центробѣжная сила на экваторѣ въ 289 разъ менѣе тяжести.* Сіе показываетъ, что еслибы земля начала обращаться въ 17 разъ скорѣе, то центробѣжная сила, которая возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости, сдѣлалась бы

$$17^2 f = G = \text{тяжести};$$

въ семъ случаѣ тѣла на экваторѣ перестали бы тяготѣть къ землѣ; а при большей скорости онѣ полетѣли бы прочь отъ земной поверхности.

Въ математической механикѣ доказывается, что ежели означить чрезъ (g) тяжесть на широтѣ 45°, то тяжесть g на всякой иной широтѣ λ найдется по формулѣ . $g = (g)\,(1 - 0{,}002837 . \cos . 2\lambda)$.

Изъ сей формулы нетрудно найти, что полное уменьшеніе тяжести отъ полюсовъ къ экватору $= \frac{(g)}{176{,}24}$; слѣдственно гораздо больше, нежели отъ одной центробѣжной силы.

89. Маятникъ открываетъ намъ, что *взаимное притяженіе двухъ тѣлъ увеличивается пропорціонально массамъ оныхъ.* Въ самомъ дѣлѣ, земля производя притяженіе, соразмѣрное своей массѣ, даетъ отвѣсу вертикальное направленіе. Высокія горы, хотя въ сравненіи съ землею весьма малы, но пропорціонально ихъ массамъ оказываютъ на отвѣсы, близъ нихъ находящіеся, замѣтное притяженіе. Еще *Бугеръ* и *Кондаминъ*, путе-

шествовавшіе по Южной Америкѣ въ первой половинѣ 18 вѣка, замѣтили, что гора Шимборазо притяженіемъ своимъ выводитъ отвѣсъ изъ вертикальнаго положенія на уголъ 7″,5. Англійскіе ученые *Маскелинъ* и *Гюттонъ* (въ 1774 — 1776 годахъ), изъ подобныхъ же наблюденій дѣланныхъ при горѣ *Shehallien* въ 500 туазовъ высотою на границѣ Шотландіи, открыли, что сія гора выводитъ отвѣсъ изъ вертикальнаго положенія на 5″,85. Наконецъ, славный Астрономъ Баронъ Цахъ, занимаясь таковыми же наблюденіями близъ Марсели на горѣ *Миметъ* въ 300 туазовъ высотою, нашелъ отклоненіе отвѣса на 1″,98.

Малыя тѣла, подносимыя къ отвѣсу, оказываютъ на него столь слабое притяженіе, въ сравненіи съ дѣйствіемъ земнаго шара, что мы оное совершенно не замѣчаемъ. Впрочемъ и сіе чрезмѣрно малое притяженіе тѣлъ земныхъ Кевендишъ Англійскій химикъ (1798 года) успѣлъ обнаружить и съ точностію измѣрить при помощи особеннаго прибора, весьма похожаго на крутильные Куломбовы вѣсы, кои употребляются вообще для измѣренія весьма малыхъ притягательныхъ и отталкивательныхъ силъ. Приборъ его состоялъ изъ тонкой, упругой, металлической ниточки *о*C (ф. 29), укрѣпленной однимъ концомъ неподвижно, а къ другому ея концу привѣшенъ былъ горизонтальный шестикъ, длиною около 6 футовъ, на концахъ котораго были повѣшены свинцовые шары имѣющіе поперечники въ два дюйма. Когда шестикъ находился въ покоѣ, то Кевендишъ, посредствомъ особаго механизма къ одному изъ сихъ шаровъ спереди, а къ другому сзади приближалъ по большому свинцовому шару (поперечникъ каждаго былъ въ 8 дюймовъ); тогда шестикъ выходилъ изъ своего положенія равновѣсія,

приближался однимъ своимъ шаромъ къ одной, а другимъ къ другой свинцовой массѣ, и послѣ нѣсколькихъ качаній приходилъ въ равновѣсіе, уклонившись онъ своего прежняго положенія на нѣкоторой уголъ a (*). Чтобъ открыть законъ сего притяженія, Кевендишъ измѣрилъ сей уголъ посредствомъ дуги раздѣленной на градусы, и потомъ отдалилъ массы большихъ шаровъ на такое разстояніе, чтобы уголъ отклоненія шестика сдѣлался $= \frac{1}{4}a$; и нашелъ, что въ семъ случаѣ между центрами каждаго малаго и ближайшаго къ нему большаго шара, получилось разстояніе вдвое большее, нежели какое было первоначально; то есть, что на разстояніи вдвое большемъ свинцовыя массы имѣли взаимное притяженіе вчетверо меньшее. Сіи славные опыты Кевендиша показали нетолько то, что между тѣлами существуетъ притяженіе пропорціональное ихъ массамъ, но также и то, что *оно дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.*

Въ опытахъ Кевендиша, шестикъ, повинуясь притяженію большихъ свинцовыхъ шаровъ, не скоро приходилъ въ равновѣсіе, но послѣ нѣсколькихъ равновременныхъ качаній, болѣе или менѣе скорыхъ, смотря по силѣ взаимнаго притяженія шаровъ. Опредѣливши продолженіе одного изъ сихъ качаній, и сравнивъ длину половины шестика съ длиною маятника, который бы совершалъ свои качанія въ тоже время, онъ вывелъ отношеніе силы притягательной каждаго шара къ силѣ притяженія земли: а зная плотность и объемъ каждаго шара такъ и объемъ земли, онъ по симъ даннымъ ве-

(*) Подробное описаніе прибора Кевендиша см. въ Traité de physique par E. Péclet. T. I, pag. 34.

щамъ опредѣлилъ среднюю плотность земли, и нашелъ ее равною 5,48, принимая плотность воды за единицу.

90. *Всеобщее тяготѣніе.* — Принимая въ соображеніе, что тяжесть оказываетъ свое дѣйствіе и на вершинахъ высокихъ горъ, и въ пространствахъ плаванія облаковъ, и на тѣхъ высотахъ, до коихъ возносятся пепелъ и камни, выбрасываемые сильнѣйшими вулканами, и въ тѣхъ неизвѣстныхъ областяхъ, откол ѣ падаютъ на землю Аэролиты, мы приводимся къ заключенію, что тяжесть простираетъ свое дѣйствіе на луну и на всѣ небесныя тѣла нашей солнечной системы; и что, обратно, тѣла небесныя, коихъ части также удерживаются во взаимной связи, должны обнаруживать притяженіе на землю. Дѣйствіе луны на шаръ земной оказывается явнымъ образомъ посредствомъ морскихъ приливовъ и отливовъ, коихъ періоды совершенно согласуются съ лунными движеніями. Самое обращеніе луны около земли нельзя иначе изъяснить, какъ допустивъ, что оно производится Центральными силами, именное: метательною силою, которая сообщила ей мгновенное побужденіе, и непрерывною силою притяженія направленною къ центру земли. Открытіемъ сей великой истины мы обязаны знаменитому *Ньютону* (*); онъ первый показалъ намъ, что сила тяжести съ удаленіемъ отъ центра земли измѣняется въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.

Въ самомъ дѣлѣ, астрономическія наблюденія и вычисленія показываютъ, что луна описываетъ вокругъ земли эллипсисъ, весьма мало различающійся отъ круга,

---

(*) Исаакъ Ньютонъ родился 2-го Сентября 1642 года въ Вольстропѣ; умеръ 1727 года.

такъ что земля находится почти въ центрѣ онаго пути; что среднее разстояніе луны отъ центра земли равняется почти 60 радіусамъ земнымъ; что время періодическаго обращенія луны

$$T = 39343 \times 60 \text{ секундамъ:}$$

слѣдственно, центростремительная сила тяжести, дѣйствующая на луну, будетъ

$$f = \frac{4\pi^2 . 60R}{T^2} = \frac{4.(3,14159)^2 . 60 . 6366745}{(39343.60)^2}$$

$$= \frac{9,74}{60^2} \text{ метровъ} = \frac{30}{60^2} \text{ Пар. футовъ,}$$

гдѣ R есть радіусъ земли равный 6366745 метрамъ.

И такъ, если бы луна, повинуясь одной тяжести, начала падать къ землѣ, то она въ концѣ первой секунды движенія пріобрѣла бы скорость $\frac{30}{60^2}$ фут. Сія скорость и будетъ пропорціональна дѣйствію тяжести на разстояніи 60 радіусовъ отъ земнаго центра.

Но какъ, при поверхности земли, т. е. на разстояніи одного радіуса R отъ ея центра, сила тяжести

$$g = 30 \text{ футамъ; посему}$$

$$f = \frac{g}{60^2}\text{; откуда имѣемъ}$$

$$g : f = 60^2 : 1^2 = (60R)^2 : R^2.$$

т. е. *дѣйствія тяжести* g *и* f *обратно пропорціональны квадратамъ разстояній отъ центра земли.*

91. Открытіе сего закона повело Ньютона къ заключенію, что и прочія планеты одарены такоюже притягательною силою, и что спутники, сопровождающіе сіи планеты, обращаются около нихъ силою верженія и силою привлеченія къ своей планетѣ. Но какъ и самыя планеты, подобно ихъ спутникамъ, обращаются около солнца, то Ньютонъ вывелъ изъ сего заключеніе, что

солнце должно быть центромъ притягательной силы для всѣхъ планетъ нашей системы, и что движеніе планетъ должно совершаться центральными силами. Оставалось только открыть, по какому закону измѣняется солнечное притяженіе, по мѣрѣ удаленія отъ центра онаго свѣтила: къ сему необходимо было знаніе законовъ движенія планетъ. Но уже до Ньютона славный астрономъ *Кеплеръ* (*), занимаясь многолѣтними наблюденіями неба, открылъ слѣдующіе три закона движенія планетъ, которые и доселѣ извѣстны подъ именемъ *Кеплеровыхъ законовъ:*

1) *Планеты описываютъ вокругъ солнца эллипсисы, въ общемъ фокусѣ коихъ находится солнце.*

2). *Радіусы векторы описываютъ около центра солнца площади пропорціональныя временамъ.*

3). *Квадраты временъ полныхъ обращеній планетъ около солнца относятся между собою какъ кубы большихъ осей ихъ орбитъ;* $t^2 : T^2 = r^3 : R^3$.

Изъ втораго закона необходимо слѣдуетъ, что непрерывная сила, удерживающая планеты въ путяхъ ихъ, направлена къ центру солнца. Изъ третьяго же закона открывается, что оная сила дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній отъ центра солнца; ибо если на разстояніяхъ r, R, притяженіе солнца означимъ буквами f и F, то оныя силы будутъ относиться

$$f : F = \frac{r}{t^2} : \frac{R}{T^2}, \quad (53); \text{ или}$$

$$f : F = \frac{r}{r^3} : \frac{R}{R^3} = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{R^2}.$$

(*) Іоаннъ Кеплеръ родился 1571 года въ Герцогствѣ Виртембергскомъ; умеръ въ Ратисбонѣ 1651 года.

А сіе показываетъ, что солнечное притяженіе совершенно сходствуетъ съ притяженіемъ земли.

92. Кеплеровы законы со всею точностію прилагаются и къ движенію спутниковъ около своихъ планетъ; а сіе подтверждаетъ, что сила, побуждающая каждую систему спутниковъ къ своей планетѣ, дѣйствуетъ по тому же закону.

Изъ всего онаго Ньютонъ заключилъ, что притягательная сила есть врожденное свойство матеріи, образующей всѣ тѣла во вселенной, и сіе притяженіе наименовалъ *всеобщимъ тяготѣніемъ* (gravitation universelle); что она дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, и въ прямомъ содержаніи массъ. Такимъ образомъ, каждая планета менѣе солнца(*), повинуется его притяженію; каждый спутникъ менѣе своей планеты, увлекается ея притяженіемъ.

Измѣненіе взаимнаго притяженія тѣлъ отъ измѣненія ихъ формы.

93. Открывши законы планетнаго притяженія, Ньютонъ старался опредѣлить, не измѣняется ли притяженіе тѣлъ отъ измѣненія ихъ формы. Такъ какъ по опыту нельзя открыть закона сего измѣненія, то Ньютонъ употребилъ для сего вычисленіе, и показалъ что отъ измѣненія формы тѣла измѣняется боковое

(*) Чтобы дать понятіе о величинѣ солнца, замѣтимъ, что его радіусъ въ 112 разъ болѣе радіуса земли; разстояніе же же луны до центра земли равняется почти 60 земнымъ радіусамъ. Посему, ежели центръ земли совмѣститъ съ центромъ солнца, то и луна также будетъ заключаться въ объемѣ солнца, и отъ его поверхности будетъ отстоять еще на 52 земныхъ радіуса.

притяженіе онаго; только сіе измѣненіе имѣетъ значительную величину на малыхъ разстояніяхъ; на большихъ же разстояніяхъ притяженіе тѣлъ становится независимымъ отъ формы ихъ.

Такимъ образомъ, принимая въ разсмотрѣніе тѣла геометрическія, и представляя оныя состоящими изъ частицъ, одаренныхъ во всѣ стороны одинакимъ притяженіемъ, дѣйствующимъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, Ньютонъ показалъ важную истину, что *шаръ притягиваетъ всякую частичку матеріи, внѣ ея его находящуюся, такъ какъ бы вся масса его была сосредоточена въ его центрѣ*, и именно сіе притяженіе равняется $F = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{a^2}$, гдѣ r есть радіусъ шара, a — разстояніе притягиваемой частички до его центра. Изъ сего видно, что притяженіе между шарами (наприм. между планетами) можно щитать происходящимъ только между ихъ центрами.

Частичка, находящаяся на поверхности шара, гдѣ $a = r$, притягивается силою $F = \frac{4}{3}\pi r$, пропорціональною радіусу шара.

Частичка, находящаяся внутри шара, притягивается силою $F = \frac{4}{3}\pi r'$, пропорціональною ея разстоянію r' до центра шара.(*)

(*) Таково дѣйствіе нашего земнаго шара на всякое тѣло, на немъ находящееся. Слѣдственно, еслибы по діаметру земнаго шара находился каналъ, и какое нибудь тѣло былобы пущено въ оный; то оно сталобы падать до центра земли движеніемъ ускорительнымъ, а по другую сторону центра движеніемъ укоснительнымъ до противоположной поверхности шара, гдѣ оно потеряетъ свою скорость, и будетъ обратно двигаться къ центру, и т. д.

Ежели оный шаръ обратится въ цилиндръ ABA'C (ф. 30), то всякая частичка матеріи, находящаяся близъ его поверхности будетъ ощущать притяженіе различное отъ притяженія шара такой же массы; и притомъ притяженіе боковъ цилиндра будетъ различно отъ притяженія производимаго основаніемъ. На большихъ же разстояніяхъ притяженіе цилиндра не различается отъ притяженія шара такой же массы, и дѣлается независимымъ отъ фигуры. (*)

По сей то причинѣ земля, будучи сжата у полюсовъ и возвышена подъ экваторомъ, притягиваетъ сильнѣе полюсами, нежели экваторомъ всякое тѣло, находящееся въ одинакомъ разстояніи отъ ея поверхности (88, A). Солнце и луна, дѣйствуя притяженіемъ на земной сфероидъ, производятъ въ движеніи земли неравенства только по причинѣ не совершенной ея сферичности

(*) Притяженіе сего цилиндра на частичку m, лежащую на продолженіи его оси BC, изображается формулою

$$f = 2\pi R\,(m + \sqrt{n^2+1} - \sqrt{(m+n)^2+1}),$$

гдѣ m и n суть числа выражающія отношенія линій BC и mC къ радіусу BL $=$ R основанія цилиндра, имянно: BC $= m \cdot R$, mC $= n \cdot R$, mB $= (m+n)R$.

Ежели частичка m находится въ соприкосновеніи съ цилиндромъ, у коего BC $=$ R, то дѣйствіе цилиндра будетъ $= 3{,}1716\pi R$; а еслибы она находилась на поверхности шара такой же массы, то дѣйствіе шара было бы $= 1{,}20 \cdot \pi R$; и слѣдственно дѣйствіе цилиндра было бы почти втрое болѣе дѣйствія шара.

Но ежели частичку m поставить на разстояніи mC $=$ 10R отъ основанія цилиндра, или отъ поверхности шара такой же массы, то почти не будетъ никакой разности между ихъ дѣйствіями на оную.

(имянно отъ сего зависитъ нутація и отступленіе точекъ равноденствія). Сіи неравенства сдѣлались бы ощутительнѣе, еслибы оныя тѣла находились ближе одно къ другому; но онѣ были бы вовся ничтожными, на большемъ разстояніи оныхъ тѣлъ. И такъ притяженіе тѣлъ природы состоитъ изъ двухъ частей: *одна слѣдуетъ обратному содержанію квадратовъ разстояній; другая же зависитъ отъ формы ихъ, или отъ недостатка сферичности, и убываетъ гораздо быстрѣе съ ихъ разстояніемъ, и слѣдовательно бываетъ велика только на разстояніяхъ малыхъ относително ихъ измѣреній; сверхъ того, всякое тѣло притягиваетъ тою стороною сильнѣе, которая лежитъ ближе къ центру массы онаго.*

94. Все, что сказано здѣсь въ отношеніи къ тѣламъ должно относиться и къ ихъ частичкамъ. Ибо и онѣ имѣютъ конечныя измѣренія, и различныя формы; и слѣдственно ихъ взаимное притяженіе дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, когда сіи разстоянія значительны (относительно ихъ измѣреній), и измѣняется формою и природою оныхъ частицъ. Впрочемъ вліяніе, зависящее отъ ихъ фигуры, должно обнаруживаться на разстояніяхъ чрезмѣрно малыхъ; ибо частички матеріи столь малы, что всякое примѣтное разстояніе для насъ уже безконечно велико относительно ихъ измѣреній. Слѣдственно, притяженіе, измѣняемое формою и природою частицъ, составляетъ ощутимое *частичное притяженіе*, которое дѣйствуетъ почти въ прикосновеніи; притяженіе же частицъ, неподверженное вліянію ихъ формы иприроды, составляетъ тяжесть и тяготѣніе.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О разширительной силѣ теплорода.

95. Между частями тѣлъ кромѣ притяженія обнаруживается еще такая сила, которая стремится отдалять оныя, и такимъ образомъ недопускаетъ ихъ до совершеннаго прикосновенія. Оная сила не можетъ быть врожденною матеріи вѣсомыхъ тѣлъ; но преимущественно обнаруживается въ томъ дѣйствователѣ природы, отъ котораго зависятъ различныя степени теплоты, и котораго называютъ *теплородомъ* (calorique, Wärmestoff.)

96. Во всѣхъ дѣйствіяхъ теплородъ оказывается въ видѣ тончайшаго начала, котораго части одарены отталкивательною силою; онъ существуетъ во всѣхъ тѣлахъ частію въ состояніи свободномъ, частію же въ соединеніи съ ихъ частичками; количество его въ тѣлахъ можетъ быть увеличено и уменьшено до нѣкоторой степени. Самое ощущеніе *теплоты* мы приписываемъ приращенію въ насъ теплорода, уменьшенію же онаго ощущеніе *холода*.

97. Главнымъ источникомъ теплорода для земнаго шара есть солнце. Сверхъ сего теплородъ можетъ быть освобождаемъ изъ тѣлъ посредствомъ *ударовъ*, *тренія*, *сжатія*, *посредствомъ измѣненія состоянія тѣлъ и химическихъ соединеній*. Такимъ образомъ, желѣзо отъ кованія не только дѣлается горячимъ, но можетъ даже раскалиться до красна. При треніи дерева о дерево или другихъ твердыхъ тѣлъ, онѣ также сильно нагрѣваются. При сжатіи воздуха въ *воздушномъ огнивѣ* столько отдѣляется теплорода, что загарается трутъ въ семъ воздухѣ находящійся. При химическихъ

соединеніяхъ еще болѣе отдѣляется теплорода, наприм. при сліяніи сѣрной кислоты съ водою, при гашеніи извести, при горѣніи водорода, фосфора, дерева и проч. Симъ теплородомъ мы можемъ располагать, вводить въ другія тѣла, и наблюдать его дѣйствія на оныя.

Теплородъ, вводимый въ тѣла, проникаетъ между ихъ частичками, и 1) нагрѣваетъ оныя, 2) расширяетъ оныя тѣла, и 3) соединяясь съ матеріею тѣлъ можетъ переводить ихъ изъ одного состоянія въ другое, т. е. плавить твердыя тѣла, а тѣла капельныя обращать въ пары либо въ газы. Но обратное сему дѣйствіе происходитъ, когда тѣло охлаждается. Въ семъ увѣриться можно изъ слѣдующихъ наблюденій: 1) Ежели нагрѣвать металлическую, стеклянную, или другую твердую полоску, то она становится длиннѣе; а ежели охлаждать, то дѣлается короче. Расширѣніе и сжатіе сего тѣла произойдетъ по всѣмъ направленіямъ. При высокой степени жара, оное тѣло можетъ обратиться въ капельную жидкость, которой частички сдѣлаются, по видимому, независимыми одна отъ другой. Но сія независимость, будетъ, такъ сказать, принужденною, существующею только подъ вліяніемъ теплорода; ибо, ежели уменьшить немного степень жара, то снова составится твердое тѣло тогоже рода. 2) Ежели налить воды, ртути или иной жидкости въ тонкую трубку съ шарикомъ, и нагрѣвать оную, то сія жидкость расширяясь будетъ подниматься по трубкѣ выше и выше: но уменьшите степень жара, и вы увидите, что жидкость начнетъ сжиматься отъ охлажденія. При достаточной степени теплоты капельное тѣло получаетъ новое состояніе, при которомъ его частички, неизмѣняя своихъ качествъ, получаютъ

стремленіе расширятся во всякомъ свободномъ пространствѣ, т. е. образуютъ пары. Но если пары жидкости будутъ охлаждены, то ихъ частички, сблизившись между собою, слѣпятся, и сперва составятъ капельное, а потомъ и твердое тѣло. Таковы пары воды, виннаго спирта, сѣры, іода, и проч. Испареніе не есть еще послѣдній предѣлъ раздѣленія частицъ тѣлъ силою теплорода. Ежели пропустишь пары виннаго спирта сквозь фарфоровую раскаленную трубу, то частички паровъ раздѣлятся на разнородныя матеріи: въ трубѣ получится сажа (углеродъ), а изъ трубы выйдутъ вещества воздухообразныя, называемыя *газами*, кои отличаются отъ паровъ спирта не только своею природою, но и тѣмъ что не переходятъ въ капельное состояніе при такомъ охлажденіи, которое достаточно для переведенія въ оное пары спирта. 3) Тѣла воздухообразныя еще удобнѣе расширяются отъ нагрѣванія и сжимаются отъ охлажденія, въ чемъ увѣриться можно или посредствомъ воздушнаго термометра или посредствомъ Румфордова термоскопа. 4) Наблюденія показываютъ, что пока тѣло не начинаетъ перемѣнять своего состоянія, то оно отъ нагрѣванія расширяется, и степень теплоты его увеличивается; но какъ скоро тѣло начинаетъ переходить въ другое состояніе, то перестаетъ нагрѣваться до самаго окончанія сего перехода. Такимъ об. тающій ледъ не нагрѣвается, пока весь не растаетъ; кипящая вода удерживается въ одинакой степени теплоты, пока вся невыкипитъ, въ чемъ удостовѣряютъ насъ термометры. Физики допускаютъ, что, при оныхъ переходахъ тѣлъ въ рѣдчайшее состояніе, часть теплорода входитъ въ соединеніе съ матеріею оныхъ,

и дѣлается не свободною; сей соединенный теплородъ называютъ *сокрытымъ*.

98. Изъ сего видно, что ежели теплородъ, накопляющійся въ тѣлѣ, не задерживается матеріею онаго, то стремится безпрестанно исходить; онъ, встрѣчая матерію тѣла, дѣйствуетъ на оную и раздвигаетъ ея части. Сила, съ каковою онъ стремится исходить изъ тѣла и расширять оное, называется *температурою*, которая очевидно должна зависѣть отъ количества теплорода, стремящагося освобождаться изъ онаго. Температура тѣла становится выше или ниже, смотря по тому, увеличивается или уменьшается оное количество теплорода. Тѣло расширяется, когда возвышается его температура, и сжимается при пониженіи температуры. И какъ для каждаго приращенія или пониженія температуры соотвѣтствуетъ нѣкоторое опредѣленное приращеніе или уменьшеніе объема тѣла, то сіе свойство и послужило для устроенія орудій служащихъ для опредѣленія температуръ. Сіи орудія называются *термометрами*, *пирометрами*, и пр.

99. Строеніе обыкновенныхъ термометровъ основывается на расширѣніи ртути либо виннаго спирта. Для сего берется совершенно очищенная ртуть, и волосная трубка, имѣющая внутренній каналъ сколько возможно ровный, а еще лучше раздѣленная на части равной емкости; на концѣ ея выдувается шарикъ или продолговатый цилиндръ. Осушивъ сію трубку по средствомъ нагрѣванія, вводятъ въ нее столько ртути, чтобы при температурѣ ея замерзанія, не вся уходила въ шарикъ; а при температурѣ кипѣнія воды не упирались въ верхній конецъ трубки. Ртуть сію впускаютъ въ трубку по немно-

гу, и въ ней доводятъ до кипѣнія, чтобы выгнать воздухъ и водяные пары изъ трубки и изъ ртути. Когда трубка будетъ содержать достаточное количество ртути, то нагрѣваютъ въ ней сію ртуть до толѣ, пока она поднимется до самаго конца трубки и вытѣснитъ изъ оной весь воздухъ; тогда верхній конецъ трубки запаиваютъ. Послѣ сего оную трубку ставятъ въ чистый тающій ледъ или снѣгъ : отъ чего ртуть въ трубкѣ начнетъ понижаться, и остановится на нѣкоторой точкѣ; тогда оную точку замѣчаютъ на трубкѣ алмазомъ, и называютъ ее *точкою таянія льда* или точкою замерзанія воды. Потомъ держатъ сію трубку въ парахъ чистой воды, кипящей въ металлическомъ сосудѣ, при среднемъ давленіи атмосфернаго воздуха (то есть, когда столбикъ ртути въ барометрѣ будетъ имѣть высоту 28 Франц. дюймовъ, при температурѣ таянія льда); тогда ртуть расширяясь начнетъ возвышаться по трубкѣ, и остановится на нѣкоторой точкѣ, которую замѣчаютъ и называютъ *точкою кипѣнія воды.* Пространство между двумя замѣченными точками дѣлятъ на нѣсколько равныхъ частей; сіи части называются *градусами* термометра, и назначаются обыкновенно на мѣдной или деревянной дощечкѣ, къ которой прикрѣпляется термометрическая трубка. Реомюръ (во Франціи) раздѣлилъ сіе пространство на 80 градусовъ, поставивъ 0° при точкѣ таянія льда, (фиг. 31). *Цельсій* (въ Швеціи) раздѣлилъ оное на 100°, поставивъ нуль также при точкѣ таянія льда. Фаренгейтъ (въ Данцигѣ) сіе же пространство раздѣлилъ на 180 частей; но какъ онъ точку замерзанія опредѣлилъ искусственнымъ *охлажденіемъ* (поставивъ термометръ въ смѣсь равныхъ частей на-

шатыря и снѣга), то она получилась ниже точки естественнаго замерзанія воды на 32 градуса по его размѣру. Впрочемъ градусы назначаются и выше точки кипѣнія и ниже точки замерзанія.

На всякомъ термометрѣ, градусы, простирающіеся *выше нуля* дѣленія, называются *градусами теплоты*, и означаются знакомъ +; градусы же, идущіе ниже нуля называются *градусами мороза*, и отмѣчаются знакомъ — (минусъ).

Градусы термометровъ Реомюрова, Цельсіева и Фаренгейтова относятся между собою, какъ 80 : 100 : 180. Зная сіе, не трудно переводить градусы одного термометра на градусы другаго.

Примѣръ: Перевесть 15° *Цельсіевыхъ на градусы Реомюровы.* Для сего составимъ пропорцію

$$100° \text{ Ц.} : 80° \text{ Р.} = 15° \text{ Ц.} : x; \text{ откуда}$$

$$x = \frac{80 \cdot 15}{100} = 12° \text{ Р.}$$

При переводѣ градусовъ термометра Фаренгейтовъ на градусы Цельсіевы или Реомюровы, должно изъ даннаго числа градусовъ сперва вычесть 32, и остатокъ перевесть по содержанію; потому что нуль дѣленія на термометрѣ Фаренгейтовомъ стоитъ ниже нуля Реомюрова или Цельсіева термометра на 32 градуса.

Примѣръ. Перевесть 68° Фаренг. на Реомюровы.

$$180 : 80 = 68 - 32 : x, \text{ или}$$

$$9 : 4 = 36 : x; \text{ откуда}$$

$$x = 16° \text{ Реомюр.}$$

Примѣръ. Перевесть 17° Фаренг. на Цельсіевы.

$$180 : 100 = 17 - 32 : x, \text{ или}$$

$$18 : 10 = -15 : x; \text{ откуда}$$

$$x = -8°\tfrac{1}{3} \text{ Цельсіевыхъ ниже нуля.}$$

Примѣръ. Перевесть 16° Реомюр. на Фаренгейтовы.

$$80 : 180 = 16 : x, \text{ откуда}$$
$$x = 36^\circ.$$

Къ сему числу приложи 32°, и выйдетъ 68° Ф. = 16° Р.

Ртутнымъ термометромъ можно измѣрять низкія температуры не далѣе — 39° Цельсіевыхъ, потому что при дальнѣйшемъ охлажденіи ртуть начинаетъ замерзать. По сему то для опредѣленія весьма низкихъ температуръ употребляется термометръ винноспиртовой; ибо чистый винный спиртъ можетъ терпѣть сильнѣйшій холодъ незамерзая. Ртутный термометръ не можетъ намъ показывать температуръ выше 360° Цельсіева термометра; ибо при сей температурѣ ртуть начинаетъ уже кипѣть. А потому, для опредѣленія высшихъ температуръ употребляются *пирометры*, описаніе коихъ показано будетъ далѣе.

Изобрѣтеніе термометра произошло въ концѣ 16-го вѣка; оное приписываютъ *Дреббелю* и *Галилею*. Ньютонъ, въ 1701 году, для назначенія градусовъ принялъ два постоянныхъ предѣла: точку замерзанія и точку кипѣнія воды. Реомюръ въ 1730 году для построенія термометровъ употребилъ винной спиртъ; а Делюкъ — ртуть. Теперь термометры Реомюровъ и Цельсіевъ употребляются преимущественно во Франціи, Испаніи, Италіи, Швеціи и Россіи; термометръ Фаренгейтовъ въ Англіи, и нѣкоторыхъ мѣстахъ Германіи.

100. Ртуть, употребляемая для построенія термометровъ, имѣетъ многія преимущества предъ прочими жидкостями капельными: 1) она легко можетъ быть получена въ чистомъ состояніи; 2) она весьма чувствительна къ измѣненіямъ температуры; 3) не прилипаетъ къ стѣнкамъ трубокъ; 4) расширяется правильно по крайней мѣрѣ отъ 0° до 100° Цельс. тер-

мометра. Сіе послѣднее свойство открыто еще Делюкомъ. Оно уже явствуетъ изъ того, что ежели смѣшать фунтъ воды, имѣющей температуру t^o, съ фунтомъ воды имѣющей температуру t'^o, то термометръ, опущенный въ сію смѣсь, показываетъ всегда среднюю температуру.

101. *Изъясненіе трехъ главнѣйшихъ состояній тѣлъ.* — Соображая всѣ вышеразсмотрѣнныя явленія, усматривается, что нѣтъ собственно естественнаго состоянія тѣлъ. Жидкость, твердость, состояніе газообразное и парообразное тѣлъ зависятъ только отъ ихъ взаимнаго притяженія частицъ, и отъ скопленія между ними теплорода, въ природѣ коего заключается расширительная сила. Для изъясненія различныхъ состояній тѣлъ, мы будемъ въ нихъ представлять:

1) Притяженіе вѣсомыхъ частицъ между собою, дѣйствующее въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, которое впрочемъ значительно измѣняется отъ формы оныхъ частицъ, ежели онѣ находятся между собою почти въ прикосновеніи;

2) Притяженіе теплорода къ частицамъ тѣла, большее или меньшее, смотря по ихъ природѣ. Симъ притяженіемъ теплородъ задерживается около каждой частички тѣла, и составляетъ около нее теплородную атмосферу. Дѣйствіе оной силы обнаруживается только на малѣйшихъ разстояніяхъ около частей тѣла;

3) Отталкивательную силу теплорода, дѣйствующую въ прямомъ содержаніи его сгущенія. Онъ, существуя между частями тѣлъ, стремится раздвигать оныя; а существуя внѣ тѣла, уравновѣшиваетъ теплородъ внутри тѣлъ.

4) Во всякомъ тѣлѣ, не перемѣняющемъ своего объема, части удерживаются въ равновѣсіи силою ихъ взаимнаго притяженія, и силою расширенія теплорода.

5) Сила расширительная свободнаго теплорода отъ сближенія или отдаленія его частей гораздо быстрѣе увеличивается и уменьшается, нежели сила взаимнаго притяженія частицъ тѣлъ. Ибо теплородная атмосфера AB (фиг. 32), которой радіусъ $=Ao$, и сила расширенія F, бывъ помѣщена въ объемѣ ab, коего радіусъ ao, будетъ имѣть иную силу расширѣнія: оныя силы будутъ между собою относиться въ прямомъ содержаніи сгущенія атмосферъ, или въ обратномъ содержаніи объемовъ ихъ, или *въ обратномъ содержаніи кубовъ ихъ радіусовъ.*

Положимъ теперь, что частички A, o, взятыя внутри какого нибудь тѣла, на разстояніи Ao, удерживаются въ равновѣсіи взаимнымъ притяженіемъ и силою расширѣнія теплорода; и разсмотримъ, что произойдетъ, когда оное тѣло будетъ сжимаемо внѣшними силами. Въ семъ случаѣ части тѣла и части теплорода будутъ между собою сближаться; сила притяженія первыхъ увеличится, но сила расширѣнія теплорода увеличится несравненно болѣе, и будетъ побуждать частички тѣла возвращаться къ прежнему ихъ положенію равновѣсія, Ежели тѣло будетъ растягиваемо, то его части и части теплорода начнутъ отдаляться; сила притяженія первыхъ и сила расширительная послѣднихъ будутъ ослабѣвать: но какъ притяженіе ослабѣваетъ медленнѣе, то оно тотчасъ сдѣлается въ избыткѣ, и будетъ побуждать частички тѣла возвращаться къ начальному ихъ положенію равновѣсія.

Равновѣсіе частицъ A, o, произойдетъ на меньшемъ

разстояніи, когда между ними уменьшится количество дѣйствующаго теплорода; но оно произойдетъ на большемъ разстояніи, если количество теплорода увеличится; въ первомъ случаѣ тѣло получитъ сжатіе, а во второмъ разширѣніе. Сія теорія весьма хорошо изображаетъ различныя состоянія тѣлъ.

102 *Въ твердыхъ тѣлахъ* частички удерживаются въ равновѣсіи на такихъ малыхъ разстояніяхъ, на которыхъ форма ихъ имѣетъ большое вліяніе на взаимное притяженіе; а природа частицъ — на свободное дѣйствія теплорода, кои удерживаютъ его при себѣ въ большой степени сгущенія. Притяженіе, зависящее отъ формы, производитъ то, что части тѣла могутъ держаться въ устойчивомъ равновѣсіи только при нѣкоторыхъ относительныхъ положеніяхъ. Сего положенія не могутъ частицы перемѣнять свободно отъ дѣйствія на нихъ всякой малѣйшей силы; но онѣ только немного выходятъ изъ онаго, и потомъ опять къ нему возвращаются, какъ скоро сила перестаетъ дѣствовать. И дѣствительно, всѣ твердыя тѣла въ различныхъ степеняхъ одарены свойствомъ возвращаться къ ихъ измѣреніямъ, какъ скоро онѣ бываютъ *разтянуты, сжаты* или *изогнуты*. Ибо при разтягиваніи тѣла, частички его отдаляются; отъ чего сила ихъ протяженія получаетъ перевѣсъ предъ силою расширительною теплорода; а при сжатіи тѣла, частички его сближаются, и происходитъ перевѣсъ расширительной силы: и въ обоихъ случаяхъ частички тѣла побуждаются приходить къ ихъ начальному положенію равновѣсія, какъ скоро внѣшняя сила перестаетъ дѣйствовать.

Изъ сего видно, что, дабы разорвать твердое тѣло надлежитъ употребить такую силу, которая была бы

достаточна преодолѣть избытокъ силы притяженія, обнаруживающійся, по мѣрѣ отдаленія частицъ тѣла. Сей-то избытокъ притяженія и называется *сцѣпле-пленіемъ*, которое должно различать отъ *полнаго частичнаго притяженія:* ибо сіе послѣднее не зависитъ ни отъ какихъ другихъ силъ; сцѣпленіе же зависитъ отъ разности между частичнымъ притяженіемъ и дѣйствіемъ силы теплорода.

103. *Въ тѣлахъ капельножидкихъ* частички удерживаются въ равновѣсіи на такихъ разстояніяхъ, на которыхъ уже форма частицъ не имѣетъ примѣтнаго вліянія на взаимное ихъ притяженіе; но природа частицъ ограничиваетъ свободное дѣйствіе теплорода, и удерживаетъ оный въ значительномъ сгущеніи. Посему онѣ притягиваются такъ, какъ бы имѣли сферическія формы, и отъ того, при дѣйствіи на нихъ всякихъ малыхъ силъ, могутъ свободно обращаться около своихъ центровъ, и принимать всѣ возможныя относительныя положенія безъ нарушенія равновѣсія: но, какъ увидимъ, не одинаково расширяются отъ нагрѣванія, и сжимаются отъ охлажденія. Впрочемъ въ нѣкоторыхъ жидкостяхъ вліяніе формы частицъ не бываетъ совершенно ничтожно; и отъ сего-то зависитъ ихъ клейкость.

И въ сихъ тѣлахъ, также какъ и въ тѣлахъ твердыхъ, примѣчается *сцѣпленіе*, которое обнаруживается при отдѣленіи частицъ ихъ.

104. *Въ тѣлахъ воздухообразныхъ* обыкновенно примѣчается стремленіе къ расширѣнію, ежели онѣ не удерживаются стѣнами сосудовъ или другими силами. Части оныхъ тѣлъ соединены съ большимъ количествомъ теплорода, нежели части капельныхъ жидко-

стей; и отъ того находятся на такихъ разстояніяхъ, на которыхъ взаимное ихъ притяженіе весьма мало, и природа частицъ не имѣетъ уже никакого вліянія на свободное дѣйствіе вводимаго между ими теплорода; отъ чего (какъ увидимъ) всѣ газы и пары разширяются одинаково. Впрочемъ и разширѣніе газа прекратится, когда сила его теплорода придетъ въ равновѣсіе съ силою притяженія вѣсомыхъ частицъ его. Такимъ образомъ, земная атмосфера не разсѣевается въ пространствахъ вселенной, но держится при поверхности земли силою притяженія къ оной планетѣ.

105. Разнородныя матеріи, смотря по ихъ природѣ, не одинаково дѣйствуютъ на теплородъ, и, при одинакихъ обстоятельствахъ, соединяются съ различнымъ количествомъ онаго; отъ сего части ихъ удерживаются на различныхъ разстояніяхъ, и, при тѣхъ же обстоятельствахъ, образуютъ нѣкоторыя тѣла твердыми, а другія капельными или воздухообразными. Изъ сего также видно, что различныя твердыя тѣла должны требовать различное количество теплорода для перехода ихъ въ капельное состояніе, а также и капельныя жидкости — для перехода въ воздухообразное состояніе: такъ что, однѣ тѣла при высокой температурѣ могутъ быть еще твердыми, тогда какъ другія перейдутъ или въ капельныя жидкости или въ тѣла воздухообразныя. Посему, ежели твердое сложное тѣло состоитъ изъ двухъ разнородныхъ веществъ, малое сродство имѣющихъ, изъ коихъ каждое плавится при разной степени жара; то одно изъ нихъ при накаливаніи можетъ сдѣлаться жидкимъ, когда другое останется еще въ твердомъ видѣ. Напримѣръ, ежели накаливать сплавокъ мѣди съ оловомъ, то въ немъ распла-

вится сперва олово и можетъ вытечь, а мѣдь останется твердою; при накаливаніи сплавка платины съ мышьякомъ, сей послѣдній отдѣляется, а платина остается въ твердомъ состояніи; при накаливаніи углекислой извести (мѣла), твердая известь остается, а газъ углекислый отдѣляется. По сей же причинѣ многія ограническія тѣла, подвергаемыя жару, не плавятся, но напередъ разлагаются, отдѣляя отъ себя вещества болѣе летучія, пока въ остаткѣ получится уголь — вещество огне-упорное, котораго замѣчены доселѣ только слѣды плавленія.

106. *Переходъ тѣлъ въ плотнѣйшее состояніе.* — Когда *воздухообразное тѣло* начнетъ терять изъ себя теплородъ (или чрезъ охлажденіе, или чрезъ вытѣсненіе онаго внѣшнимъ давленіемъ), то оно начнетъ сжиматься; потому что взаимное притяженіе частицъ его не будетъ уравновѣшиваться на тѣхъ же разстояніяхъ силою оставшагося теплорода. Когда разсѣется почти весь теплородъ, дѣйствовавшій независимо отъ природы вѣсомой матеріи, и останется теплородъ зависящій отъ природы частицъ, около которыхъ онъ удерживается въ состояніи сгущенія, и образуетъ теплородныя атмосферы; тогда сіи частички начнутъ быстро между собою сближаться, пока не произойдетъ начало равновѣсія, зависящаго отъ теплорода сихъ атмосферъ, при которомъ форма частичекъ можетъ еще вовся не имѣть вліянія на взаимное ихъ притяженіе. Отъ сего равновѣсія произойдетъ *капельно-жидкое тѣло*, которое отличается удобоподвижностію своихъ частей, и величайшее оказываетъ сопротивленіе сжатію, по причинѣ большаго сгущенія въ немъ теплорода.

Но если жидкость еще болѣе начнетъ терять своего теплорода, тогда равновѣсіе нарушится: частички ея, повинуясь силѣ притяженія, будутъ еще болѣе между собою сближаться. А какъ, при дальнѣйшемъ ихъ сближеніи, начнетъ обнаруживаться и вліяніе формы ихъ на взаимное притяженіе; то частички начнутъ поворачиваться одна къ другой боками наибольшаго притяженія, дабы ихъ равновѣсіе было устойчиво не только относительно разстоянія ихъ центровъ, но и въ разсужденіи относительнаго ихъ положенія. Онѣ, получивши постоянное равновѣсіе, будутъ всегда до нѣкоторой степени удерживать оное. Отъ сего произойдетъ тѣло болѣе или менѣе *твердое* отличающееся тѣмъ, что удерживаетъ форму, которую имѣетъ. — Ежели сей переходъ будетъ происходить спокойно, такъ что дѣйствительно всѣ частички успѣютъ поворотиться одна къ другой боками наибольшаго притяженія, то произойдетъ *правильное кристаллическое тѣло.* Если же сей переходъ послѣдуетъ очень быстро, или будетъ возмущенъ постороннимъ движеніемъ, то частички слепятся между собою такими сторонами, какими встрѣтятся, и произойдетъ неправильное, *сплошное тѣло.*

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Разсмотрѣніе нѣкоторыхъ частныхъ свойствъ твердыхъ тѣлъ.

Расширимость твердыхъ тѣлъ отъ дѣйствія теплорода.

107. Для измѣренія расширѣнія твердыхъ тѣлъ точнѣйшіе опыты производимы были Лапласомъ и Ла-

вуазье, Рамсденомъ, Смитономъ, Дюлонгомъ и Пти, и другими.

A. Лавуазье и Лапласъ во Францiи 1782 года измѣряли разширѣнiе различныхъ твердыхъ полосъ, имѣющихъ длину до 6 Парижск. футовъ. Такую полоску *mn* они разполагали горизонтально въ металлическомъ ящикѣ *ef* (фиг. 33.), такъ чтобы она однимъ своимъ концомъ упирала въ неподвижный, вертикальный, стеклянный брусокъ *t*, твердо удерживаемый горизонтальною осью *k*, укрѣпленною въ двухъ большихъ камняхъ, вкопанныхъ въ землю : другимъ же концомъ она упирала въ другой вертикальный стеклянный брусокъ *s*, утвержденный въ горизонтальной оси *p*, которая хотя также была прикрѣплена къ двумъ другимъ камнямъ, но могла имѣть свободное вращательное движенiе. На концѣ оной оси перпендикулярно къ ней утверждена была зрительная трубка съ микрометромъ, наводимая на вертикальный шестъ, раздѣленный на дюймы и линiи, и поставленный на разстоянiи 600 футовъ отъ оси *p*. Разширѣнiе было опредѣляемо отъ температуры тающаго льда (которымъ сначала обкладывали полосу *mn*) и до температуры кипѣнiя воды.

Положимъ, что полоса *nm*, имѣя неподвижнымъ конецъ *n*, при нагрѣванiи отъ 0° до 100 Ц. т. (фиг. 34), разширится до m', и подвинетъ брусокъ *sm* къ sm'; тогда зрительная трубка *sr* придетъ въ положенiе sr', отклонившись на уголъ $rsr' = \angle msm'$. Изъ $\triangle rsr' \backsim \triangle mgm'$ найдется величина mm' разширѣнiя

$$mm' = \frac{sm \times rr'}{sr};$$

гдѣ sm, rr', sr предполагаются извѣстными.

B. Способъ Рамсдена (Англичанина) весьма различенъ отъ предъидущаго; впрочемъ весьма простъ и точенъ. Посредствомъ его можно опредѣлять расширѣніе твердой полоски въ одинъ или два метра длиною слѣдующимъ образомъ. Замѣтивъ двѣ точки *a* и *b* близъ концовъ изслѣдуемой полосы, продѣтой сквозь мѣдной ящикъ наполненный сперва водою со льдомъ, направляютъ на сіи точки два микроскопа, утвержденные на желѣзной или чугунной полосѣ, продѣтой сквозь деревянный ящикъ удерживаемой всегда при температурѣ 0° посредствомъ тающаго льда, и расположенной сколько возможно паралельно съ полосою *ab*. Одинъ изъ микроскоповъ долженъ быть приводимъ въ движеніе посредствомъ микрометрическаго винта *x*, который легко можетъ показывать сотыя доли миллиметра. Сдѣлавъ сіе, нагрѣваютъ полосу *ab* винно-спиртовыми лампами до температуры кипѣнія воды. Тогда, наведя снова неподвижный микроскопъ на точку *a*, должно будетъ подвинуть другой микроскопъ противъ точки *b*, которая въ семъ случаѣ перейдетъ въ *b'*. Путь перейденный симъ микроскопомъ покажетъ величину расширѣнія *bb'* полосы *ab*, (фиг. 35).

108. *Слѣдствія изъ сихъ опытовъ.* — Сіи изслѣдыванія показали, что разныя твердыя тѣла, подвергаемыя одинакимъ температурамъ, расширяются не одинаково, но однѣ болѣе, а другія менѣе; и что ихъ расширѣніе весьма мало, какъ видно изъ слѣдующей таблички, въ которой показаны *линейныя расширѣнія* нѣкоторыхъ тѣлъ *отъ температуры тающаго льда до температуры кипѣнія воды:*

Свинецъ имѣетъ расширѣніе........... 0,0028484.
Олово изъ Фальмута.................. 0,0021730.

Серебро купеллированное	0,0019097.
Желтая мѣдь	0,0018782.
Мѣдь	0,0017173.
Золото продувное	0,0014661.
Круглая желѣзная проволока	0,0012350.
Мягкое кованое желѣзо	0,0012205.
Незакаленная сталь	0,0010791.
Стекло	0,0008613.
Платина	0,0008565.
Англійскій флинт-гласъ	0,0008117.

Сія разность въ расширѣніи тѣлъ происходитъ отъ различнаго ихъ внутренняго сложенія, отъ формы и природы цѣльныхъ частицъ ихъ, между коими сила притяженія не равно дѣйствуетъ, и съ отдаленіемъ частицъ неравно ослабѣваетъ.

Тѣла неокристаллованныя, коихъ предѣлъ плавленія простирается гораздо выше температуры кипѣнія воды, *расширяются правильно, пропорціонально температурѣ по всѣмъ направленіямъ только отъ* 0° *до* 100° *Ц. т.*; при температурахъ же высшихъ расширѣніе ихъ становится неправильнымъ, ибо *весьма примѣтно ускоряется*, особливо когда сіи тѣла приближаются къ предѣлу ихъ плавленія, какъ можно видѣть изъ слѣдующихъ весьма точныхъ наблюденій Гг. Дюлонга и Пти:

Среднее кубическое расширѣніе на каждый градусъ стоградуснаго воздушнаго термометра.

	отъ 0° *до* 100°	*отъ* 0° *до* 300°.
Для желѣза	$\frac{1}{28200}$	$\frac{1}{22700}$.
— мѣди	$\frac{1}{19400}$	$\frac{1}{17700}$.
— платины	$\frac{1}{37700}$	$\frac{1}{36300}$.
— стекла	$\frac{1}{38700}$	$\frac{1}{22900}$.

Тѣла окристаллованныя, коихъ первообразная форма есть *правильный кубъ* или *октаедръ*, расширяются отъ

теплоты одинаково по всѣмъ направленіямъ, и точно такимъ же образомъ сжимаются: кристаллы же, имѣющіе другую первообразную форму, расширяются не одинаково по всѣмъ направленіямъ (Митчерлихъ).

109. Зная величину линейнаго расширѣнія тѣлъ можно находить, какую длину l получитъ тѣло при температурѣ t, когда его длина λ при 0° извѣстна.

Пусть i есть величина линейнаго расширѣнія сего тѣла въ единицѣ его длины; то при температурѣ t единица длины сдѣлается $1+it$, а вся длина λ тѣла сдѣлается $l=\lambda(1+it)$.

Если длина l тѣла при температурѣ t извѣстна, то найдется его длина L при другой температурѣ T

$$L = l(1+i(T-t)).$$

А когда извѣстно линейное расширѣніе тѣла, то помноживъ оное на 3 получимъ кубическое расширѣніе онаго (по всѣмъ направленіямъ). Ибо означивъ чрезъ v и v' объемы тѣла при температурахъ 0° и t°, чрезъ l, $l(1+it)$ его длину при сихъ разныхъ случаяхъ; то, по причинѣ подобія сихъ объемовъ, имѣемъ

$$v : v' = l^3 : l^3(1+it)^3 = 1 : (1+it)^3;$$

а разлагая $(1+it)^3$ въ рядъ, и ограничиваясь только первою степенью весьма малаго количества i, получимъ

$$v : v' = 1 : (1+3it); \text{ слѣдовательно}$$
$$v' = v(1+3it) = v(1+kt),$$

гдѣ видно, что кубическое расширѣніе $k=3i$ втрое болѣе линейнаго расширѣнія i.

Ежели данъ объемъ v' тѣла при температурѣ t, то его объемъ V при температурѣ T сдѣлается

$$V = v'\{1+k(T-t)\}.$$

Важнѣйшія употребленія разширѣнія твердыхъ тѣлъ.

110. *Уравнительный маятникъ.* — Большая или меньшая температура воздуха имѣетъ значительное вліяніе на длину маятниковъ, и слѣдственно на ходъ часовъ. Въ теплую погоду маятникъ становится длиннѣе, отъ того качается медленнѣе (83, а), и часы отстаютъ; а въ холодную погоду маятникъ становится короче, и часы уходятъ впередъ. Такое же дѣйствіе происходитъ и съ часами карманными, имѣющими колесной маятникъ. Для избѣжанія сей неправильности дѣлаются *уравнительные* или *неизмѣнные маятники* изъ нѣсколькихъ полосокъ разныхъ металловъ такъ, что когда однѣ полоски, разширяясь, удлиняютъ маятникъ то другія разширяясь дѣлаютъ маятникъ во столько-же короче; отъ сего центръ качанія не перемѣняетъ своего разстоянія до оси привѣса.

Фигура 36 представляетъ уравнительный маятникъ сдѣланный изъ желѣза и цинка. Къ желѣзному четыреугольникъ *abcd* на полоскѣ *ab* утвержденъ цинковой четыреугольникъ *nnkk*; къ цинковой полоскѣ *kk* прикрѣплена желѣзная полоска, поддерживающая чечевицеобразную гирю А. Всѣ желѣзныя полосы, разширяясь отъ теплоты внизъ, понижаютъ центръ качанія; а всѣ цинковыя полосы разширяясь вверхъ, поднимаютъ гирю А, и повышаютъ центръ качанія.

Фигура 37 представляетъ уравнительный маятникъ обыкновенно употребляемый въ вѣрныхъ часахъ. Онъ состоитъ изъ желѣзныхъ полосокъ *f*, *f*, *f*, *f*, *f*, и мѣдныхъ *c*, *c*, *c*, *c*, соединенныхъ подобнымъ же образомъ.

Но чтобы разширѣніе желѣзныхъ полосокъ равнялось разширѣнію мѣдныхъ, необходимо нужно, чтобы *сумма*

разныхъ длинъ полосокъ желѣзныхъ относилась къ суммѣ разныхъ длинъ полосокъ мѣдныхъ, въ обратномъ содержаніи линейныхъ разширѣній сихъ металловъ. Посему, дѣлая уравнительный маятникъ, сперва стараются удовлетворить оному условію; а потомъ довершаютъ правильность хода по приближенію, повышая или понижая чечевицеобразную гирю А посредствомъ гайки, подъ нею находящейся. — Такіе уравнительные маятники придуманы *Гаррисономъ* Англійскимъ часовщикомъ 1730 года.

111. Ходъ маятниковъ можно уравнивать еще посредствомъ двойныхъ металлическихъ полосъ. Имянно: ежели составить двойную металлическую полосу изъ пластинки *ab* мѣдной и пластинки *dc* платиновой (фиг. 38), скрѣпивъ ихъ концы посредствомъ винтовъ, то сія полоска можетъ быть прямою только при той температурѣ, при коей она сдѣлана. Еслиже температура сдѣлается выше, то мѣдь разширится болѣе платины, и двойная полоска изогнется такъ, что ея мѣдная часть будетъ на выпуклой сторонѣ. Противное сему произойдетъ когда температура понизится. Ежели такую полоску прикрѣпить серединою поперегъ стержня маятника, обративъ мѣдную полоску внизъ, и на ея концы навинтить небольшія металлическія массы, то длинамъ оныхъ полосокъ и вѣсамъ оныхъ массъ можно дать такую величину и расположеніе, что центръ качанія маятника не будетъ перемѣнять своего разстоянія отъ точки привѣса (фиг. 39.). Біотъ и Матьё повѣряли часы съ такимъ маятникомъ, и находили ихъ весьма вѣрными.

Въ хронометрахъ (т. е. карманныхъ астрономическихъ часахъ) регуляторомъ движенія служитъ колесной

маятникъ AB; онъ приводится въ движенiе посредствомъ стальнаго волоса, изогнутаго въ видѣ спирали. Когда перемѣняется температура, то измѣренiя маятника и длина волоска также перемѣняются, отъ сего часы идутъ впередъ или отстаютъ. Для избѣжанiя сей неправильности въ ходѣ хронометра, прикрѣпляютъ къ маятнику двѣ уравнительныя двойныя полоски p, q, сдѣланныя изъ мѣди и платины (фиг. 40), оканчивающiяся навинчиваемыми на концы ихъ золотыми шариками. Давъ надлѣжащую длину симъ полоскамъ и массамъ шариковъ, можно такъ уравнить ходъ хронометра, что онъ всегда будетъ итти правильно.

112. *Брегетовъ термометръ.* — Гг. Брегеты, коихъ хронометры славятся во всей Европѣ, воспользовались различнымъ расширѣнiемъ металловъ для построенiя *весьма чувствительно металлическаго термометра.* Главною частiю онаго служитъ полосочка, толщиною въ $\frac{1}{50}$ миллиметра, составленная изъ трехъ пластинокъ серебряной, золотой и платинной, скрѣпленныхъ между собою посредствомъ плющенiя. Ее свиваютъ наподобiе винта (фиг. 41.), и удерживаютъ въ сей формѣ посредствомъ откаливанiя; потомъ прикрѣпляютъ однимъ концомъ къ мѣдной подставкѣ, въ вертикальномъ направленiи, а къ другому концу припаиваютъ горизонтальную стрѣлку. Винтовая полосочка, состоя изъ металловъ, различно расширяющихся, при измѣненiи температуры скручивается или раскручивается, и поворачиваетъ стрѣлку. Подъ стрѣлкою утверждается горизонтальный кругъ, раздѣленный на градусы, которые она должна показывать.

Раздѣленiе сего термометра на градусы дѣлается

сравнивая ходъ его съ ходомъ хорошаго ртутнаго термометра.

113. *Пирометры.* — Пирометрами называются орудія, служащія для опредѣленія весьма высокихъ температуръ. Большая часть пирометровъ суть ничто иное, какъ металлическія полосы, располагаемыя такъ, чтобы расширѣніе, производимое въ нихъ дѣйствіемъ жара, можно было видѣть и опредѣлять, и такимъ образомъ заключать о степени онаго жара. Но всѣ сіи орудія несравнительны между собою и съ термометромъ, и имѣютъ многія несовершенства. — Наиболѣе же употребляется *пирометръ Веджевудовъ*, котораго строеніе основано на томъ, что чистая глина, будучи подвергаема накаливанію, постепенно отдѣляетъ изъ себя воду (которую всегда въ себѣ содержитъ), и отъ того довольно правильно сжимается. Итакъ, изъ чистой Англійской глины дѣлаютъ нѣсколько малыхъ цилиндриковъ, и оные высушиваютъ при температурѣ *начинающагося краснаго каленія*, которую Веджевудъ опредѣлилъ посредствомъ расширѣнія серебряной полоски, и нашелъ равною 464°,4 Реом. термометра. Потомъ ихъ обрѣзываютъ такъ, чтобы они имѣли въ діаметрѣ 6 линій. Другая часть онаго пирометра состоитъ изъ четырехугольной досочки (фиг. 42) съ однимъ или двумя вырѣзами, сдѣланными слѣдующимъ образомъ: на линіи MN мѣдной досочки MNPQ берутся двѣ точки A и B на разстояніи 6 линій; на противоположной линіи PQ берутся еще двѣ точки C и D на разстояніи 4 линій, и проводятся прямыя AC и BD; между сими линіями дѣлаютъ вырѣзъ почти въ 6 линій глубиною, и пространство BD раздѣляютъ на 240 частей или градусовъ пирометра Веджевудова.

При употребленіи сего пирометра, берутъ глиняный цилиндрикъ, и подвергаютъ его той температурѣ, которую хотятъ опредѣлить; а по охлажденіи вставляютъ его въ желобокъ AB : до котораго градуса дойдетъ онъ опускаясь по дѣленію, тѣмъ числомъ градусовъ и опредѣлится температура.

Изъ разширѣнія серебряной полоски, Веджевудъ нашелъ, что
0° его пирометра соотвѣтствуетъ 464°,4 Реом. терм.;
а 1° пирометра = 58° Реом. термометра.

Слѣдственно, при переводѣ градусовъ пирометра на градусы термометра, должно данное число помножить на 58, и къ произведенію придать 464°,4; полученное число и покажетъ температуру въ градусахъ Реомюр. термометра. Наприм. желѣзо плавится при 130° пир. Веджевудова; сія температура соотвѣтствуетъ

$130 \times 58 + 464°,4 = 8004°,4$ Реом. термометра.

Впрочемъ и за точность онаго пирометра нельзя нельзя строго ручаться.

Свойства твердыхъ тѣлъ, обнаруживающіяся при дѣйствіи на ихъ части внѣшнихъ силъ.

114. При дѣйствіи внѣшнихъ силъ на твердыя тѣла, оказываются въ нихъ особенныя качества, по коимъ различаютъ ихъ на упругія, ковкія, тягучія, гибкія жесткія, крѣпкія, и проч.

Упругимъ тѣломъ (c. élastique) называется то, которое отъ дѣйствія внѣшней силы хотя перемѣняетъ свою форму или объемъ, но опять возпринимаетъ оную, когда сила перестаетъ дѣйствовать. Силою упругости называется та, посредствомъ коей производится оное возстановленіе. Въ твердыхъ тѣлахъ

упругость весьма различна. Ежели тѣло мгновенно и совершенно возстановляетъ свой прежній объемъ или видъ, то его называютъ *совершенно упругимъ*: таковы пластинки стекла, стальныя пружины, шары слоновой кости, натянутыя струны, и проч. Тѣло называется *несовершенно-упругимъ*, когда оно медленно или несовершенно возстановляетъ свой прежній видъ; напр. бумага, дерево, шерсть, мѣдныя проволоки, и проч. Въ иныхъ тѣлахъ упругость, повидимому, *ничтожна*, наприм. въ мягкой глинѣ, воскѣ, свинцѣ, и вообще въ тѣлахъ мягкихъ.

Тѣло называется *мягкимъ*, *ковкимъ*, *тягучимъ*, ежели части онаго могутъ быть удобно перемѣщаемы силою удара или давленія, не отрываясь отъ тѣла. Такое тѣло можетъ принимать различныя формы, и сохранять оныя: таковы суть многіе металлы. Относительная *ковкость* тѣлъ опредѣляется тонкостію листовъ, а *тягучесть* — тонкостію нитей или проволокъ изъ нихъ получаемыхъ (*).

Тѣло называется *жесткимъ* (dur), ежели части его обнаруживаютъ большое сопротивленіе ихъ перемѣщенію. Сими тѣлами можно *отачивать*, *чертить* и *полировать* другія тѣла, и по онымъ дѣйствіямъ можно заключать объ относительной ихъ *жесткости*. Такимъ

(*) Впрочемъ ковкость и тягучесть въ одномъ и томъ же тѣлѣ могутъ быть довольно различны. Металлы, имѣющіе *наибольшую ковкость*, суть: золото, потомъ серебро, далѣе мѣдь, олово, свинецъ, цинкъ, платина, желѣзо, и проч.; а *наибольшую тягучесть* имѣютъ: платина, потомъ серебро, желѣзо, мѣдь, золото, цинкъ, олово, свинецъ, и проч.

образомъ стекло относительно мрамора, кварцъ относительно стекла, а алмазъ относительно всѣхъ тѣлъ считается тѣломъ жесткимъ (*). Отъ дѣйствія удара или давленія части жесткаго тѣла не перемѣщаются, но открываются : въ слѣдствіе сего жесткія тѣла бываютъ *ломкія*, когда онѣ разбиваются отъ удара на малое число частей, наприм. чугунъ, каменная посуда, и проч.; или *хрупкія*, когда онѣ отъ удара на множество частей раздробляются, на прим. тонкое стекло.

115. Всѣ сіи свойства зависятъ отъ природы, формы взаимнаго совокупленія частицъ тѣлъ, и отъ силъ, удерживающихъ оныя въ равновѣсіи. Въ самомъ дѣлѣ мы допустили, что части матеріи имѣютъ многогранныя формы, и что въ твердыхъ тѣлахъ онѣ находятся на такихъ разстояніяхъ, на которыхъ сія форма имѣетъ большое вліяніе на взаимное ихъ притяженіе, а слѣдовательно и на состояніе ихъ устойчиваго равновѣсія; съ симъ вмѣстѣ мы должны допустить и то, что каждая частичка внутри тѣла можетъ имѣть нѣсколько устойчивыхъ и неустойчивыхъ положеній равновѣсія относительно другихъ частей окружающихъ оную. По сему, ежели одну изъ таковыхъ частицъ будемъ поворачивать около ея центра внутри тѣла, то она последовательно будетъ переходить изъ устойчиваго по-

---

(*) Свойства чертить и полировать въ одномъ и томъ же тѣлѣ бываютъ довольно различны. Первое зависитъ отъ *жесткости острія*, производящаго черту; а второе отъ *жесткости частей порошка*, которая нерѣдко бываетъ различна отъ первой. Наприм. пемза рѣжется стекломъ, но можетъ полировать оное.

ложенія равновѣсія въ неустойчивое, а изъ онаго въ новое устойчивое положеніе. Ежели частичка имѣетъ многія грани равнаго притяженія, то немного надлежитъ оную поворотить, чтобы перевесть ее изъ одного положенія равновѣсія въ другое, и слѣдственно меньшая потребуется сила, чтобъ измѣнить форму тѣла. Такое тѣло можетъ быть мягкимъ, ковкимъ, тягучимъ, гибкимъ, и проч. Но ежели частичка имѣетъ малое число граней наибольшаго притяженія, то надлежитъ оную гораздо болѣе поворотить, чтобы перевести къ предѣлу ея неустойчиваго равновѣсія. Въ семъ случаѣ, при одинакихъ прочихъ обстоятельствахъ, потребуется и бо̀льшая сила : такое тѣло можетъ имѣть упругость, жесткость, ломкость и проч. И дѣйствительно, ежели какая нибудь сила сообщитъ частямъ онаго тѣла небольшое движеніе, выведши оныя въ другое положеніе, менѣе устойчивое, то онѣ будутъ стремиться пріитти въ прежнее положеніе, и возвращаются къ оному, когда внѣшняя сила перестаетъ дѣйствовать; лишь бы она не могла удалить нѣкоторыя частицы за предѣлъ ихъ сферы примѣтнаго притяженія, въ каковомъ случаѣ онѣ оторвутся одна отъ другой, и тѣло получитъ *разломъ* или *разрывъ*.

116. Возвращеніе частицъ тѣла къ ихъ начальному положенію равновѣсія совершается не вдругъ, но послѣ нѣсколькихъ качаній около онаго положенія. Напримѣръ, ежели стеклянную или стальную пластинку АВ, утвержденную неподвижно концомъ А (фиг. 43), изогнуть въ положеніе АС, то между ея частичками m, m, лежащими на выпуклой сторонѣ, промежутки сдѣлаются бо̀льшими, и сила ихъ взаимнаго притяженія сдѣлается болѣе силы разширительной теплорода ихъ атмосферъ

(102) : между частичками же *n*, *n*, лежащими, на вогнутой сторонѣ, промежутки сдѣлаются меньшими, и отъ того сила разширительная превзойдетъ силу ихъ взаимнаго притяженія. По дѣйствію силы притяженія между *m*, *m*, и силы разширѣнія между *n*, *n*, полоска начнетъ разпрямляться и приходить въ положеніе AB. Но дошедши до онаго, она не остановится, ибо упомянутыя силы дѣйствовали непрерывно, и сообщали частямъ полосы ускорительное движеніе: слѣдственно онѣ съ пріобрѣтенною скоростью начнутъ двигаться укоснительно по другую сторону AB, пока потеряютъ оную скорость, и будутъ возвращаться назадъ, и т. д.; отъ сего полоска будетъ качаться подобно маятнику. — Изъ всего онаго видно, что всякое твердое тѣло можетъ быть совершенно упругимъ для довольно малой силы, дѣйствующей на его части.

117. Но ежели устойчивое положеніе равновѣсія частицъ твердаго тѣла зависитъ отъ вліянія формы ихъ на взаимное притяженіе; то очевидно, что упругость должна увеличиваться отъ приведенія частицъ въ ближайшее положеніе равновѣсія, и на оборотъ. И дѣйствительно, желѣзо, мѣдь, свинецъ, и проч. отъ умѣреннаго кованія, отъ плющенія, отъ вытягиванія въ проволоку пріобрѣтаютъ бо̀льшую упругость : но сія упругость уменьшается отъ нагрѣванія оныхъ (или чрезъ отжаливаніе).

Въ нѣкоторыхъ тѣлахъ можно значительно увеличить упругость быстрымъ пониженіемъ ихъ температуры или *закаливаніемъ*. Незакаленная сталь имѣетъ небольшую упругость; но ежели ее раскалить до красна и опустить въ холодную воду, то она становится жесткою, упругою и ломкою. Если же снова оную рас-

калить, и охладить медленно, то она опять становится ковкою и мало упругою. Сіе дѣйствіе изъясняется тѣмъ, что раскаленная и въ сильномъ расширѣніи находящаяся сталь, при погруженіи въ холодную воду, вдругъ теряетъ большое количество теплорода изъ верхнихъ слоевъ своихъ; внутреннія же части охлаждаются гораздо долѣе. Отъ сего верхній слой стали первый получаетъ большую плотность, когда еще внутреннія части находятся въ расширѣніи. Сіи части, утверждаясь на верхнемъ слоѣ какъ на твердѣйшей корѣ, не получатъ между собою значительной связи и послѣ ихъ охлажденія (*). Отъ образованія наружной коры сталь получаетъ упругость; а отъ недостатка связи между ся внутренними частями дѣлается ломкою. Симъ же изъясняется великая хрупкость *стеклянныхъ слезокъ*.

Хотя сіе изъясненіе довольно удовлетворительно, однакоже вопросъ остается нерѣшеннымъ : отъ чего чистые металлы не получаютъ упругости отъ закалки? отъ чего сплавокъ изъ 78 частей мѣди и 22 олова становится мягкимъ и ковкимъ отъ закаливанія, а отъ медленнаго охлажденія дѣлается жесткимъ и весьма упругимъ?

119. Тѣла гибкія, кои при обыкновенныхъ обстоятельствахъ имѣютъ несовершенную упругость, дѣлаются весьма упругими, когда бываютъ натянуты. Таковы суть нити, проволоки, бумаги, кожи, и проч. Сіе зависитъ отъ того что, при натягиваніи напр. проволоки, частички ея расположенныя по длинѣ,

(*) Опыты Фортеня дѣйствительно показали, что закаленная сталь имѣетъ объемъ большій, нежели незакаленная.

отдаляются одна отъ другой; отъ чего по сему направленію обнаруживается значительная сила сцѣпленія которая стремится привесть оныя частички къ начальному ихъ положенію равновѣсія, и дѣйствительно приводитъ, когда сила натягивающая перестанетъ дѣйствовать, лишь бы она немогла раздлиннить проволоку, *и* привесть ея части въ новыя положенія равновѣсія невозвратнымъ образомъ.

120. Возвышеніе температуры, отдаляя частички тѣлъ, и сообщая онымъ болѣе удобоподвижности, уменьшаетъ упругость, жесткость, крѣпость и ломкость тѣлъ, но увеличиваетъ ихъ ковкость, тягучесть гибкость и проч. Отъ сего то большая часть металловъ могутъ быть удобнѣе обработываемы съ помощію нагрѣванія; смолы, ломкія при обыкновенной температурѣ, становятся мягкими и тягучими при возвышенной, напр. сургучь, гуммилакъ. Холодное стекло весьма ломко, но бывъ размягчено въ жару почти до расплавленія дѣлается не только способнымъ къ формированію изъ онаго всякихъ сосудовъ и вещей; но даже къ вытягиванію ниточекъ тонѣе волоса. Сіи ниточки бываютъ сплошныя, когда получаются отъ вытягиванія стеклянной палочки; но онѣ бываютъ въ серединѣ пусты, ежели получаются отъ вытягиванія стеклянной трубки, и такую имѣютъ гибкость, что ими можно обвивать около руки, свертывать наподобіе пуклей, и употреблять на украшенія.

Дѣйствіе совершенной упругости въ проволокахъ натягиваемыхъ.

121. Чтобы найти отношеніе между приращеніями длины какой нибудь проволоки и соотвѣтственными

имъ силами, натягивающими оную и уравновѣшивающими ея упругость, *Гравезандъ* производилъ многіе весьма точные опыты. Для сего онъ натягивалъ крѣпко тонкую проволоку AB (фиг. 44) въ горизонтальномъ направленіи, такъ чтобы она приняла видъ прямой линіи; къ срединѣ ея привѣшивалъ вѣсовую чашку для накладыванія гирекъ; отъ сего проволока становилась тѣмъ длиннѣе, чѣмъ болѣе поддерживала вѣсу и получала видъ ломаной линіи AC′B. Приращеніе длины проволоки онъ находилъ измѣряя длину AB = L проволоки, и длину вертикальной стрѣлки CC′ = F. Тогда изъ прямоугольнаго $\triangle ACC'$ онъ получалъ

$$AC'^2 = R^2 = L^2 + F^2, \text{ и}$$

$$R = L\left(1 + \frac{F^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}} = L + \frac{F^2}{2L},$$

ограничиваясь второю степенью весьма малаго количества F. Отсюда *все удлиненіе проволоки* получается

$$2(R - L) = \frac{F^2}{L}.$$

Упругость проволоки есть напряженіе оной по AC и BC′; она есть та сила, съ каковою частички стремятся между собою сблизиться, и притти къ начальному ихъ положенію равновѣсія. Пусть $C'z = T$ есть напряженіе или упругость части AC′; разложимъ оную силу на двѣ части, $xz \# AB$, и $C'x \perp AB$; то изъ $\triangle C'xz \sim \triangle ACC'$ найдется сила $C'x$, дѣйствующая противъ вѣса P, именно

$$C'x = \frac{T \cdot CC'}{AC} = \frac{T \cdot F}{R}.$$

Для другой половины BC проволоки получится такая же сила $C'x$; слѣдственно вся сила, дѣйствующая на вѣсъ P, будетъ $= \frac{2T \cdot F}{R}$. А какъ оная сила уравновѣ-

шивается вѣсомъ P сложеннымъ съ половиною p вѣса струны AB, то

$$\frac{2T.F}{R} = P + \tfrac{1}{2}p; \text{ откуда}$$

напряженіе или упругость $T = \frac{(P + \frac{1}{2}p)R}{2F}$.

Такимъ-то образомъ Сгравезандъ, обременяя струну AB различными гирьками находилъ ея напряженія T, и соотвѣтственныя удлиненія оной $2(R - L)$.

Біотъ изъ опытовъ Сгравезанда чрезъ вычисленіе нашелъ, что *приращенія упругости или напряженія струны пропорціональны соотвѣтственнымъ приращеніямъ ея длины,* ежели только прибавляемые вѣсы таковы, что, по отнятіи оныхъ, струна получала первоначальную длину AB. Такъ что, ежели струна, натянутая силою T, имѣетъ длину L, и получаетъ длину $L+l$ отъ напряженія $T+t$; то длину $L+2l$ получитъ отъ напряженія $T+2t$, длину $L+3l$ отъ пряженія $T+3t$, и вообще длину $L+nl$ отъ напряженія $T+nt$.

Ежели вдругъ отнять весь вѣсъ обременяющій струну, то она начнетъ возвращаться къ начальной ея длинѣ ускорительнымъ движеніемъ; пріобрѣтетъ скорость, пропорціональную nt, и съ оною будетъ двигаться по другую сторону, пока оную потеряетъ; потомъ возвратится назадъ, и т. д., и продолжала бы всегда качаться, если бы ея качанія не уменьшались различными препятствіями. При уменьшеніи широты качаній напряженіе будетъ уменьшаться въ прогрессіи $nt, \ldots 3t, 2t, t, 0$, а слѣдственно и скорость ею сообщаемая струнѣ; отъ сего она совершаетъ большія и малыя качанія равновременно, подобно маятнику.

122. Изъ тѣхъ же опытовъ Сгравезанда не трудно найти и самый законъ качательнаго движенія натянутой металлической струны. Мы видѣли, что когда она будетъ обременена вѣсомъ P, то имѣетъ напряженіе

$$T = \frac{(P + \frac{1}{2}p) \cdot R}{2F} \text{ или приближенно } = \frac{(P + \frac{1}{2}p)L}{2F}$$

Ежели отнимемъ вѣсъ P, полагая оный $= 0$, то останется $\frac{p \cdot L}{4F} = p'$ та сила, которою струна натя- въ точкахъ ея прикрѣпленія; откуда найдется вся ширина 2F размаха струны

$$2F = \frac{p \cdot L}{2p'}.$$

Полуразмахъ F струна описываетъ ускорительнымъ движеніемъ въ нѣкоторое время t'', по причинѣ дѣйствія частичнаго притяженія g между ея частями; посему

$$F = \tfrac{1}{2}gt''^2, \text{ откуда}$$

время полуразмаха $t'' = \sqrt{\frac{2F}{g}} = \sqrt{\frac{p \cdot L}{2gp'}}$,

а *время цѣлаго размаха* $2t'' = t = \sqrt{\frac{p \cdot 2L}{gp'}} = \sqrt{\frac{pl}{gp'}}$,

означая чрезъ l длину 2L цѣлой струны.

Пусть d = плотность струны, r = ея радіусъ, и $\pi = 3{,}14159$, то будетъ вѣсъ струны $p = \pi r^2 ld$; и слѣдственно

$$t = rl\sqrt{\frac{\pi d}{gp'}}$$

Ежели струна дѣлаетъ N качаній во время t', или одно качаніе во время $\frac{t'}{N} = t$; то число ея качаній во время t' будетъ

$$N = \frac{t' \cdot \sqrt{gp'}}{rl \cdot \sqrt{\pi \cdot d}}$$

или, полагая, $t' = 1''$, получимъ число n качаній струны въ секунду времени

$$n = \frac{\sqrt{gp'}}{rl\sqrt{\pi d}}.$$

Сія формула весьма важна въ теоріи звука, гдѣ и будутъ выведены всѣ слѣдствія изъ оной.

123. *Упругость нитей скручиваемыхъ.* — Упругость обнаруживается въ проволокахъ, нитяхъ или полоскахъ также и тогда, когда онѣ бываютъ скручиваемы. Ежели цилиндрическую проволоку AB (фиг. 45.), которой одинъ конецъ B укрѣпленъ неподвижно, будемъ скручивать взявшись за другой конецъ A; тогда какое нибудь ребро AB перемѣстится въ положеніе Bx, и приметъ форму *винтовой линіи;* потому что различныя точки онаго m, m', m'', ... A, отклонятся на дуги mn, $m'n'$, $m''n''$, ... Ax, пропорціональныя ихъ разстояніямъ до точки B. Подобноеже дѣйствіе произойдетъ и съ прочими какъ наружными такъ и внутренними частичками проволоки.

Когда сила скручиванія перестанетъ дѣйствовать, то частички n, n', n'', ... x, начнутъ возвращаться къ своему первоначальному положенію силами, пропорціональными дугамъ отклоненія mn, $m'n'$, $m''n''$, ... Ax; а дошедши до онаго, онѣ съ пріобрѣтенною скоростью будутъ двигаться по другую сторону сего положенія укоснительнымъ движеніемъ, и скручивать проволоку, пока потеряютъ всю свою скорость; потомъ возвратятся назадъ, и т. д. совершая равновременныя качанія.

Ежели къ концу A проволоки BA (фиг. 46.) привѣсить мѣдную цилиндрическую гирьку, а къ центру основанія гирьки прикрѣпить маленькую горизонтальную стрѣлку

своимъ центромъ тяжести, и будетъ выводить оную изъ естественнаго состоянія равновѣсія на углы въ 10°, 20°, 30°, . . . (*), то силы, потребныя для удержанія конца стрѣлки въ равновѣсіи при оныхъ положеніяхъ, должны содержаться какъ 1 : 2 : 3 : . . . . , и вообще *должны быть пропорціональны угламъ или дугамъ закручиванія проволоки*, лишь бы сила закручивавшая оную немогла перемѣстить частицъ проволоки въ новыя положенія равновѣсія невозвратнымъ образомъ. Сила же, потребная для скурченія всякой проволоки на какой нибудь одинъ уголъ, должна быть прямо пропорціональна сему углу, обратно пропорціональна длинѣ проволоки и длинѣ стрѣлки; должна быть тѣмъ болѣе, чѣмъ проволока толще, и еще должна измѣняться съ измѣненіемъ природы проволокъ. — Ежели отпустить проволоку, закрученную на какой нибудь уголъ, то она повинуясь силѣ упругости начнетъ разкручиваться, и заставитъ сію стрѣлку качаться равновременно, по ту и по другую сторону ея положенія равновѣсія, подобно маятнику. А изъ сего слѣдуетъ, что *силы скручиванія или упругости разныхъ проволокъ должны измѣряться квадратами чиселъ качаній, совершаемыхъ прикрѣпляемою къ нимъ одною стрѣлкою въ одно и тоже время.*

124. Куломбъ, одинъ изъ точнѣйшихъ испытателей природы, дѣлалъ многочисленные опыты, касательно сего предмета, и открылъ всѣ важнѣйшіе законы упругости нитей закручиваемыхъ. Увѣрившись, что упругость закручиваемыхъ проволокъ увеличивается пропорціонально углу закручиванія, онъ показалъ вѣр-

(*) Углы сіи опредѣляются посредствомъ горизонтальнаго круга CD, котораго центръ соупадаетъ съ направленіемъ BA.

ное средство для измѣренія малѣйшихъ силъ. *Для* сего онъ построилъ особенный приборъ, извѣстный подъ именемъ *Кулонбовыхъ крутительныхъ вѣсовъ* (balance de torsion), весьма важный въ изслѣдываніяхъ электричества и магнетизма. Въ статьѣ объ электричествѣ мы увидимъ описаніе и употребленіе онаго.

Совершенная упругость тѣлъ употребляется также и для измѣренія большихъ силъ, къ чему служатъ *пружинные безмѣны*, *динамометры*, и проч. Она употребляется какъ механическая сила для сообщенія движенія, наприм. въ карманныхъ часахъ, въ замкахъ дверныхъ и ружейныхъ, и проч.; ее же употребляютъ для сообщенія дрожательнаго движенія воздуху въ музыкальныхъ инструментахъ, и проч.

Крѣпость (ténacité).

125. *Крѣпостью* вообще называется сопротивленіе твердыхъ тѣлъ перелому, давленію, разрыву, и проч. Она зависитъ отъ тѣхъ силъ, кои дѣйствуютъ между частями тѣлъ, и не позволяютъ имъ перемѣнять своихъ положеній равновѣсія; слѣдственно въ разныхъ тѣлахъ должна быть различна и въ каждомъ тѣлѣ можетъ быть найдена только изъ опыта.

126. *Сопротивленіе перелому.* — Относительное сопротивленіе перелому опредѣляется слѣд. образомъ: обдѣлываютъ испытуемыя тѣла въ видѣ призмъ (брусковъ) или цилиндровъ (шестиковъ) одинакой длины и одинакаго объема, и располагаютъ ихъ горизонтально либо укрѣпивши однимъ концомъ неподвижно, либо положивъ свободно обоими концами на неподвижные опоры, либо закрѣпивши оба конца неподвижно; и потомъ опредѣляютъ по опыту, какой наибольшій вѣсъ можетъ

поддерживаться оною призмою въ данномъ разстояніи отъ ея точекъ опоры или закрѣпленія. Такимъ об. найдено, что квадратные деревянные брусочки въ 5 метровъ длиною и въ 1 квадрат. дециметръ въ поперечномъ разрѣзѣ, положенные горизонтально на неподвижныя подпоры, могли поддержать

Вязъ............	1077	килограммовъ.
Букъ............	1032	—
Дубъ............	1026	—
Сосна...........	918	—
Береза..........	853	—
Ива.............	850	—
Липа............	750,	и т. д.

Числа 1077, 1032, 1026, ... и показываютъ въ настоящемъ случаѣ относительное сопротивленіе перелому оныхъ тѣлъ.

Опытъ согласно съ теоріею показалъ :

a. Что если прямоугольный брусъ будетъ имѣть другую длину l, ширину b, и высоту h, и будетъ однимъ концомъ укрѣпленъ неподвижно (фиг. 47.), то другимъ концомъ можетъ поддерживать вѣсу $P = \frac{fh^2b}{4l}$; гдѣ f есть постоянное количество, зависящее отъ относительной крѣпости, и для каждаго тѣла различно. При увеличеніи же давленія, брусъ переламывается близъ прикрѣпленнаго конца его (*).

b. Когда брусъ положенъ одними концами на неподвижныя подпоры (фиг. 49); то онъ серединою своею

(*) Ежели сей же брусъ утвердить наклонно (фиг. 48), то онъ можетъ поддержать гораздо болѣе вѣсу, именно почти $\frac{P}{\cos \alpha}$; гдѣ α есть уголъ его наклоненія къ горизонту.

можетъ поддерживать вѣсу вдвое болѣе, или 2P. А при большемъ вѣсѣ переламывается по серединѣ.

с. Когдаже оба конца бруса закрѣплены неподвижно (фиг. 50.), то онъ серединою своею можетъ поддержать вѣсу 4P. А при большемь вѣсѣ переламывается по серединѣ и при двухъ его концахъ (*).

Въ первомъ случаѣ брусъ оказываетъ наименьшее сопротивленіе, когда давленіе дѣйствуетъ на его свободный конецъ; а во второмъ и третьемъ — когда дѣйствуетъ на середину. Изъ сего видно, что брусья, употребляемыя въ строеніяхъ для поддержанія давленій, полезнѣе утверждать въ стѣнахъ неподвижно обоими концами, и давленіе на нихъ производимое располагать ближе къ симъ концамъ. Отъ сегоже происходитъ, что брусъ, въ третьемъ случаѣ, можетъ выдержать

(*) Ежели точка приложенія давленія раздѣляетъ брусъ на двѣ неравныя части m, n, то онъ можетъ поддержать вѣсу $\frac{fh^2b}{4}\cdot\frac{l}{mn}$.

Въ практическихъ примѣненіяхъ обыкновенно требуется, чтобы брусъ могъ поддерживать такое давленіе, которое бы не превышало его совершенной упругости; сіе давленіе почти равно $\frac{2}{3}$ наибольшаго давленія, какое брусъ поддержать можетъ.

При вычисленіи сопротивленія не должно опускать изъ вниманія собственный вѣсъ брусьевъ, который во всѣхъ случаяхъ раздѣляется равномѣрно по длинѣ ихъ. Посему, для тѣхъ случаевъ, гдѣ внѣшнее давленіе также бываетъ раздѣлено по всему брусу, все поддерживаемое давленіе $P=p+p'$; гдѣ p есть вѣсъ обременяющій, p' собственный вѣсъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, гдѣ p удерживается на серединѣ, должно все давленіе считать $=\frac{2p'+p}{2}$.

вдвое большее давленіе, ежели оно будетъ по всей длинѣ его раздѣлено единообразно.

Изъ формулы $P = \frac{fh^2b}{4l}$ видно, что форма прямоугольнаго бруса имѣетъ важное вліяніе на сопротивленіе перелому: ибо, ежели вмѣсто b возмемъ $\frac{1}{3}b$, и вмѣсто h возмемъ $3h$; то площадь поперечнаго сѣченія и масса бруса не перемѣнятся, но сопротивленіе увеличится втрое болѣе.

Опытъ показалъ, что пустой цилиндръ можетъ большее поддерживать давленіе, нежели цилиндръ сплошной, имѣющій туже массу и длину. Стеклянная трубка большему сопротивляется давленію, нежели стеклянная палочка такой же длины и вѣса.

127. *Сопротивленіе давленію.* — Оно измѣряется тѣмъ вѣсомъ, который данное тѣло, положенное на неподвижной горизонтальной плоскости, можетъ поддерживать, не разтрескиваясь и не размипаясь. Отъ дѣйствія сего вѣса части тѣла сближаются по вертикальному направленію; боковыя же части, неподверженныя оному давленію, вытѣсняются въ стороны. Чѣмъ оное тѣло имѣетъ бóльшую высоту въ сравненіи съ измѣреніями его поперечнаго разрѣза, тѣмъ оно менѣе сопротивляется давленію, на него производимому, сверху внизъ (вѣроятно отъ недостатка однородности тѣлъ, и отъ трудности удержать оныя въ вертикальномъ положеніи; ибо многія тѣла подъ сильными давленіями переламываются или изгибаются). *Тѣла призматическія* или *цилиндрическія*, подобнаго вида, удерживаемыя въ вертикальномъ направленіи, *оказываютъ сопротивленіе прямо пропорціональное квадрату ихъ толстоты, помноженному на ширину, т. е. на то измѣреніе, по коему*

изгибъ можетъ произойти, и въ обратномъ содержаніи квадрата длины.

И здѣсь также форма тѣла имѣетъ значительное вліяніе на сопротивленіе. Квадратная призма (брусъ) сопротивляется менѣе цилиндра такой же высоты и такого же объема. Тѣло, обдѣланное въ видѣ прямаго конуса или правильной пирамиды, можетъ поддерживать большее давленіе, нежели обдѣланное въ видѣ цилиндра тогоже объема и высоты. Цилиндръ пустой, стоящій вертикально, поддерживаетъ большее давленіе, нежели сплошной цилиндръ такого же объема и длины.

Объ относительной крѣпости тѣлъ судятъ еще по величинѣ *углубленія*, которое дѣлаетъ тяжелое стальное остріе, падая съ одинакой высоты на различныя испытуемыя тѣла.

128. *Сопротивленіе разрыву.* — Для опредѣленія онаго сопротивленія тѣлъ, дѣлаютъ изъ нихъ брусочки одинакой длины и толщины; укрѣпляютъ оные неподвижно однимъ концомъ въ вертикальномъ направленіи; а на другой конецъ привѣшиваютъ вѣсовую чашку, въ которую кладутъ вѣсу постепенно болѣе и болѣе, дотолѣ пока испытуемый брусочикъ разорвется. Тогда, сравнивая вѣсы, коими каждый брусочикъ былъ разорванъ, получимъ понятіе объ относительной ихъ крѣпости. Такимъ об. найдено, что мягкая сталь крѣпче желѣза, желѣзо крѣпче мѣди; еще меньшую крѣпость имѣютъ олово, цинкъ и свинецъ. Металлъ, вытянутый въ проволоку, имѣетъ крѣпость болѣе, нежели какую имѣетъ въ полосѣ. Изъ деревъ найдены крѣпчайшими буковое и дубовое; потомъ ольха, ива, вязъ, ель, сосна и пр. Впрочемъ крѣпость деревъ зависитъ отъ ихъ возраста, мѣста возрастанія, однородности массы ихъ и пр.

Опыты показали, что *крѣпость одного и того же тѣла увеличивается пропорціонально площади его поперечнаго сѣченія*, но вообще мало зависитъ отъ длины его (*).

Веревки, по испытанію Мушенбрёка, при одинакой толщинѣ, бываютъ тѣмъ крѣпче, чѣмъ тонѣе волокна ихъ составляющія, и чѣмъ менѣе онѣ скручены; небѣленые снурки крѣпче бѣленыхъ; шелковыя крѣпче льняныхъ, и проч.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Употребленіе твердыхъ тѣлъ для передачи и измѣненія дѣйствія силъ.

129. Твердыя тѣла, имѣющія большую крѣпость и жесткость, употребляются какъ орудія, удобнѣйшія для передачи дѣйствія силъ, и служатъ для устроенія великаго множества машинъ.

Машинами называются такія орудія, посредствомъ коихъ можно передавать дѣйствіе силы и измѣнять оное сообразно съ цѣлію выгоднѣйшимъ образомъ. Для составленія сложныхъ машинъ употребляются слѣдующія простѣйшія: *рычагъ блокъ*, *воротъ*, *наклонная плоскость*, *клинъ* и *винтъ*, къ коимъ причисляются и *веревки* разнаго рода.

(*) О крѣпости тѣлъ вообще, читай:
Traité analytiqne de la résistance des solides, par M. Girard.
Handbuch d. Statik fester Körper, v. Eitelwein. Berl. 1808.
Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, par J. Rondelet, 2 édit.
Résumé des leçons donnés à l'école des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique, etc. par Navier. Paris 1826.
Traité pratique sur la force du fer coulé et d'autres métaux, etc. par Tredgold, 1825.

130. На всякой машинѣ надлежитъ различать *точку приложенія силы*, *точку приложенія сопротивленія*, и *точку* (или ось) *опоры*, около которой машина обращается при дѣйствіи силы на сопротивленіе. Подъ именемъ *сопротивленія* разумѣется все то, что сила должна уравновѣсить или преодолѣть.

При опредѣленіи дѣйствія машины ищутъ, какую силу надлежитъ употребить, чтобы она посредствомъ той машины могла уравновѣсить или удержать сопротивленіе : ибо ежели такую силу немного увеличить, то она уже произведетъ движеніе.

О рычагѣ (*levier*, *Hebel*).

131. *Рычагомъ* называется всякой шестъ, могущій обращаться около своей точки или оси опоры, когда посредствомъ его сила дѣйствуетъ на сопротивленіе. Онъ бываетъ прямой, угловатый или изогнутый. Рычагъ, неимѣющій вѣса, называется *математическимъ*, а имѣющій вѣсъ — *физическимъ*. Впрочемъ сей послѣдній не будетъ различенъ отъ перваго, ежели центръ тяжести его будетъ находиться на оси опоры.

По расположенію точки дѣйствія силы, точки приложенія сопротивленія и точки опоры, рычаги бываютъ трехъ родовъ. *Въ рычагѣ перваго рода* (двуплечемъ) точка C опоры находится между силою P и сопротивленіемъ Q, (фиг. 51). *Въ рычагѣ втораго рода* сопротивленіе Q находится между силою P и точкою опоры C (фиг. 52). *Въ рычагѣ третьяго рода* сила P дѣйствуетъ между сопротивленіемъ Q и точкою опоры C (фиг. 53).

На всѣхъ оныхъ рычагахъ, во время равновѣсія, законъ отношенія силы къ сопротивленію одинъ,

именно : *сила относится къ сопротивленію въ обратномъ содержаніи разстояній ихъ до точки опоры.* Чтобы открыть сей законъ, возмемъ какой нибудь изогнутый рычагъ MCN (фиг. 54) перваго рода. Пусть въ C находится точка опоры, въ M дѣйствуетъ сопротивленіе Q, а въ N дѣйствуетъ сила P по направленію NP. Здѣсь равновѣсіе между силою и сопротивленіемъ можетъ быть только тогда, когда ихъ равнодѣйствующая пройдетъ чрезъ неподвижную точку опоры C, и сопротивленіемъ ея уничтожится. Но ежели точка C должна находиться на равнодѣйствующей, то ея разстоянія AC, BC до силъ слагающихъ Q, P, должны быть обратно пропорціональны онымъ силамъ (25),

$$AC : BC = P : Q, \text{ или} \quad P : Q = AC : BC,$$ Законъ сей открытъ Архимедомъ.

что и нужно было доказать. Тотъ же законъ можно открыть и на другихъ рычагахъ.

Если рычагъ будетъ прямой, а сила и сопротивленіе, параллельныя между собою, будутъ перпендикулярны къ сему рычагу (фиг. 51), то онѣ относятся между собою въ обратномъ содержаніи плечь BC, AC рычага, т. е. $P : Q = AC : BC$.

Видно, что *на рычагахъ перваго рода*, во время равновѣсія, сила можетъ быть менѣе сопротивленія, когда $AC < BC$; или болѣе сопротивленія, когда $AC > BC$; или равна сопротивленію, когда $AC = BC$.

На рычагѣ 2-го рода сила всегда сберегается, или бываетъ менѣе сопротивленія во время равновѣсія. Ибо въ пропорціи

$$P : Q = AC : BC, \text{ (фиг. 52)},$$

разстояніе AC всегда менѣе BC : а слѣдственно и сила P всегда менѣе Q.

На рычагѣ 3-го рода, во время равновѣсія, сила всегда бываетъ болѣе сопротивленія, (фиг. 53). Ибо, составивъ пропорцію P : Q = AC : BC, видно, что здѣсь всегда AC > BC, а посему и P > Q.

Когда посредствомъ рычага сила приводитъ въ движеніе сопротивленіе, то скорости точекъ приложенія силы и сопротивленія относятся между собою въ прямомъ содержаніи разстояній ихъ до оси вращенія. Напримѣръ, когда рычагъ 2-го рода AC поворотится около C и придетъ въ положеніе *a*C, то скорости точекъ приложенія A и B изобразятся дугами A*a*, B*b*; слѣд.

дуг. B*b* : A*a* = BC : AC.

А сіе показываетъ, что во сколько сила P сберегается на ономъ рычагѣ во время равновѣсія, во столько же уменьшается скорость сопротивленія Q при движеніи; и на оборотъ.

Къ рычагамъ 1-го рода относятся вѣсы, безмѣнъ, ножницы и проч. Къ рычагамъ 2-го рода принадлежатъ: крошильные ножи, мяльницы, тачки, весла гребцовъ и пр. Къ рычагамъ 3-го рода: щипчики, подножки самопрялокъ, токарныхъ станковъ, и проч., руки человѣческія.

132. *О вѣсахъ.* — Вѣсами вообще называется всякое орудіе, служащее для опредѣленія вѣса тѣлъ.

Обыкновенные вѣсы состоятъ изъ равноплечаго рычага перваго рода, къ концамъ котораго привѣшиваются чашки для помѣщенія взвѣшиваемыхъ тѣлъ. Сей рычагъ KL (фиг. 55) называется *коромысломъ*, и дѣлается изъ стальной хорошо закаленной полоски; его плеча AK, AL и чашки къ нимъ привѣшиваемыя дѣлаются равными величиною и фигурою. На срединѣ коромысла противъ его центра тяжести утверждается стрѣлка перпендикулярная къ KL, и обращенная иногда вверхъ

а иногда внизъ; она показываетъ самыя малѣйшія движенія коромысла, и имѣетъ вертикальное положеніе тогда, когда коромысло бываетъ горизонтально. Противъ конца сей стрѣлки утверждается дуга, ею описываемая и раздѣленная на равныя части такъ, что нуль дѣленія съ осью вѣсовъ находится въ одной вертикальной линіи. Хорошіе вѣсы должны имѣть слѣдующія качества:

1) Нужно, *чтобы центръ тяжести коромысла находился противъ стрѣлки* AB *ниже точки (оси) опоры*; ибо въ семъ только случаѣ коромысло можетъ само собою приходить въ горизонтальное положеніе. 2) Чтобы точки привѣса чашекъ съ центромъ тяжести коромысла находились въ одной вертикальной плоскости. 3) Чтобы точки привѣса чашекъ во время взвѣшиванія непремѣняли мѣстъ своихъ. 4) *Чтобы вѣсы были совершенно удобоподвижны.* Нечувствительность вѣсовъ зависитъ единственно отъ тренія между ихъ осью и подпорами, которое уменьшаютъ обдѣлывая ось въ видѣ треугольной призмы, обращенной остріемъ внизъ. Сію ось хорошо полируютъ и кладутъ на стальныя полированныя подпоры. Вѣсы будутъ имѣть достаточную чувствительность, ежели онѣ, поддерживая на каждой чашкѣ по одному фунту, могутъ измѣнять свое равновѣсіе отъ приложенія $\frac{1}{1000000}$ доли всего онаго вѣса.

133. *Взвѣшивать* какое нибудь тѣло значитъ находить, сколько оно содержитъ въ себѣ единицъ опредѣленнаго вѣса, напр. золотниковъ, унцій, грановъ, и пр. Ввѣшиваніе употребляется *простое* и *двойное*.

Простое взвѣшиваніе производится такъ: взвѣшиваемое тѣло кладутъ въ одну чашку вѣсовъ, а въ другую кладутъ гирьки опредѣленнаго вѣса до толѣ, пока

стрѣлка вѣсовъ станетъ вертикально, и равновѣсіе установится; тогда количество вѣса, положеннаго въ другую чашку, покажетъ намъ искомый вѣсъ тѣла. Сіе взвѣшиваніе рѣдко имѣетъ строжайшую точность; потому зависитъ отъ разстояній точекъ привѣса чашекъ до оси, и также отъ разстояній центровъ тяжести плечъ коромысла до оси.

Для избѣжанія всякой невѣрности вѣсовъ употребляютъ *двойное взвѣшиваніе*, выдуманное *Бордого*. Для сего кладутъ взвѣшиваемое тѣло въ одну чашку вѣсовъ, а въ другую какія нибудь тѣла, напр. дробь, лоскутки бумаги, и проч., пока равновѣсіе установится. Потомъ осторожно вынимаютъ взвѣшиваемое тѣло вонъ изъ чашки, и на мѣсто его кладутъ гирьки опредѣленнаго вѣса, пока опять равновѣсіе установится; сіи гирьки и покажутъ намъ вѣсъ тѣла. Сіе взвѣшиваніе весьма точно: для него только требуется, чтобы, во время втораго взвѣшиванія, точки привѣса чашекъ мѣстъ своихъ неперемѣняли, и чтобы ось коромысла неперемѣняла своего мѣста на подставкахъ; ибо, съ перемѣною онаго, можетъ перемѣниться ея треніе. Для сей цѣли подъ коромысломъ придѣлывается вилка, которую можно поднимать и опускать посредствомъ винта; ею-то надлежитъ поддерживать коромысло въ горизонтальномъ положеніи, когда вынимаютъ тѣло изъ чашки при второмъ взвѣшиваніи.

Постаментъ вѣсовъ установляется на трехъ винтахъ, и приводится въ горизонтальное положеніе посредствомъ ватерпаса. Для избѣжанія движенія отъ воздуха, и осаждающейся пыли, сохраняютъ вѣсы въ стеклянномъ футлярѣ, и держатъ въ надлежащей сухости. Наконецъ, при вѣсахъ должно находиться до-

спапючное число гирекъ, разнаго вѣса, имѣющихъ между собою точныя отношенія.

О блокѣ (*poulie*, *Rolle*).

134. ***Блокъ*** есть кружокъ, обращающійся на оси, проходящей сквозь его центръ; на окружности его находится желобокъ для хожденія веревки, натягиваемой силою и сопротивленіемъ.

Блокъ бываетъ *неподвижный* и *подвижный*. Неподвижный блокъ только обращается около своей оси, но съ нею не перемѣняетъ своего мѣста; а блокъ подвижный, обращаясь около оси, вмѣстѣ съ нею перемѣняетъ свое мѣсто.

На неподвижномъ блокѣ M (фиг. 56), *во время равновѣсія, сила всегда должна быть равна сопротивленію.* Ибо, ежели вообразимъ, что на веревку, перекинутую чрезъ сей блокъ, дѣйствуетъ сила P и сопротивленіе Q, и соединимъ точки A, B, касанія веревки съ центромъ C блока; то увидимъ, что сей блокъ можно счесть за равноплечій рычагъ ACB перваго рода, у коего точка опоры находится въ C, а сила и сопротивленіе дѣйствуютъ въ точкахъ B и A. А какъ на семъ рычагѣ

$$P : Q = AC : BC,$$

и $AC = BC$; то и $P = Q$ (*).

У подвижнаго блока (фиг. 57) веревка обходитъ снизу; одинъ ея конецъ Bx укрѣпляется неподвижно, а на другой дѣйствуетъ сила P; сопротивленіе же Q прикрѣпляется къ обоймицѣ mC, которая привѣшена на оси C блока, и въ коей блокъ обращается.

(*) Замѣтимъ здѣсь, что дѣйствіе силы на сопротивленіе нисколько не перемѣнится, ежели веревкѣ BP дать какое ни есть другое направленіе.

На неподвижномъ блокѣ, во время равновѣсія, сила относится къ сопротивленію какъ радіусъ AC *блока къ хордѣ* AB *соединяющей точки касанія веревокъ.* Для доказательства сего, замѣтимъ, что, во время равновѣсія, веревка QE, на которой привязано сопротивленіе, должна быть вертикальна и проходить чрезъ центръ C блока, а хорда AB должна быть горизонтальною, и линіею CQ въ точкѣ E дѣлиться пополамъ; что подвижный блокъ можно щитать рычагомъ BCA втораго рода, у котораго точка опоры находится въ B, сила дѣлаетъ въ A, а сопротивленіе по линіи CQ. По сему, опустивъ перпендикуляръ BD на продоженіе силы P, имѣемъ

$$P : Q = BE : BD = AE : BD.$$

Но $\triangle ABD \backsim \triangle ACE$, ибо $AC \# BD$, и $\angle AEC = \angle ADB$;

посему $AE : BD = AC : AB$, или

$$P : Q = AC : AB.$$

Еслибы веревки Bx, AP были параллельны, то хорда AB сдѣлалась бы діаметромъ блока, т. е. $AB = 2AC$; и тогда

$$P : Q = AC : 2AC = 1 : 2, \text{ и}$$

$$P = \tfrac{1}{2}Q.$$

Слѣдственно сила должна быть вдвое менѣе сопротивленія, дабы могла оное удержать въ равновѣсіи.

135. Соединяя многіе подвижные блоки въ одну сложную машину, можно весьма малою силою поддержать большое сопротивленіе. Изъ сложныхъ блоковъ наиболѣе употребительны *полиспасты* или *шкифы* (фиг. 58 и 59). Полиспастъ состоитъ изъ нѣсколькихъ блоковъ неподвижныхъ, соединенныхъ въ одной обоймицѣ; и столькихъ же блоковъ подвижныхъ въ другой обоймицѣ; и около всѣхъ ихъ обходитъ одна веревка, привязанная однимъ концомъ къ неподвижной обоймицѣ AB, а на

свободный ея конецъ дѣйствуетъ сила P. Нижняя же обоймица CD поддерживаетъ грузъ Q.

На полиспастахъ во время равновѣсія сила относится къ сопротивленію какъ единица къ числу параллельныхъ веревокъ, поддерживающихъ подвижные блоки. На полиспастѣ, фиг. 58,

$$P : Q = 1 : 6;$$

ибо шесть веревокъ поддерживаютъ грузъ Q, то одна веревка EF поддерживаетъ только $\frac{1}{6}Q$; а слѣдственно и сила P должна быть $= \frac{1}{6}Q$.

При движеніи, на одномъ блокѣ подвижномъ, скорость силы относится къ скорости сопротивленія, какъ хорда AB къ радіусу AC, (фиг. 57).

На полиспастахъ, во время движенія, скорость точки приложенія силы относится къ скорости сопротивленія, какъ число параллельныхъ веревокъ къ 1-цѣ.

Подвижные блоки изобрѣтены Архимедомъ, и служатъ съ великою пользою для поднимапія тяжелыхъ массъ.

О воротѣ (Treuil, Wellrad).

136. *Воротъ* обыкновенно состоитъ изъ цилиндра, называемаго *валомъ*, и колеса, имѣющихъ одну ось, и твердо между собою соединенныхъ (фиг. 60). Концамъ вала дается видъ тонкихъ цилиндровъ, коими онъ поддерживается во впадинахъ двухъ подпоръ. На валъ навивается веревка, которая тянетъ привязанный къ ней грузъ Q, когда сила P обращаетъ колесо или посредствомъ веревки на него навитой, или посредствомъ спицъ, насаженныхъ по ободу колеса, или какъ иначе. Ось вала можетъ быть горизонтальна или вертикальна, а потому и самый воротъ бываетъ *горизонтальный* или

вертикальный. Впрочемъ законъ равновѣсія на всякомъ воротѣ одинъ, имянно: *сила относится къ сопротивленію какъ радіусъ вала къ радіусу колеса.* Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что сила P дѣйствуетъ по линіи $bP \# aQ$; потомъ проведемъ чрезъ ось AB вала горизонтальную плоскость, которая пройдетъ чрезъ точки a, b касанія линій aQ, bC; въ сей плоскости проведемъ радіусъ ac вала и радіусъ bC колеса, кои будутъ параллельны между собою, и соединимъ a съ b: тогда увидимъ, что воротъ приведется къ рычагу aob перваго рода, у коего точка опоры находится въ o. Слѣдственно, во время равновѣсія

$$P : Q = ao : bo = ac : bC,$$

(ибо $\triangle aoc \sim \triangle boC$); что и доказать нужно было. Законъ сей также открытъ *Архимедомъ.*

Ежели какой нибудь грузъ уравновѣшиваетъ одна сила *посредствомъ нѣсколькихъ воротовъ*, то *она относится къ сопротивленію, какъ произведеніе радіусовъ всѣхъ валовъ къ произведенію радіусовъ колесъ.*

Къ числу воротовъ принадлежатъ *зубчатыя колеса.* Валы сихъ колесъ имѣютъ зубцы и называются *шестернями.* Сіи колеса такъ располагаются, чтобы зубцы шестерней зацѣпляли за зубцы колесъ, и чтобы отъ обращенія одного изъ нихъ всѣ прочія обращались (фиг. 61). На нихъ, *во время равновѣсія, сила относится къ сопротивленію, какъ произведеніе радіусовъ шестерней къ произведенію радіусовъ колесъ.* И сей законъ открытъ Архимедомъ.

Во время движенія, на воротѣ скорость, сообщаемая силою колесу, относится къ скорости поднимаемаго сопротивленія, какъ радіусъ колеса къ радіусу вала. А на зубчатыхъ колесахъ скорость, сообщаемая силою

ея точкѣ приложенія, относится къ скорости сопротивленія, какъ произведеніе радіусовъ колесъ къ произведенію радіусовъ шестерней.

Вороты употребляются для подниманія, сдвиганія тѣлъ, и проч.; а зубчатыя колеса преимущественно въ сложныхъ машинахъ.

О наклоненная плоскость.

137. *Наклоненная плоскость* употребляется какъ машина, служащая для сбереженія силы, уравновѣшивающей или движущей по оной какое нибудь тѣло.

Ежели сила P (фиг. 19) удерживаетъ тѣло Q положенное на плоскость AC, наклоненную къ горизонту AB, дѣйствуя параллельно ея длинѣ AC; то его вѣсъ Q = OG (сосредоточенный въ центрѣ тяжести O) можно замѣнить двумя силами OE, OF, изъ коихъ первая, перпендикулярная къ AC, изображаетъ давленіе тѣла на плоскость, а вторая OF прямо противоположная силѣ P. Во время равновѣсія нужно, чтобъ было $P = OF$. Изъ $\triangle FOG \backsim \triangle ABC$ имѣемъ

$$FO : OG \text{ или } P : Q = BC : AC;$$

то есть, въ ономъ случаѣ, *сила относится къ сопротивленію, какъ высота* BC *плоскости къ ея длинѣ* AC.

Если бы сила P дѣйствовала параллельно основанію AB плоскости AC (фиг. 62), то замѣняя вѣсъ тѣла $Q = OG$ силою $OE \perp AC$, и силою OF прямо противоположною силѣ P, увидѣли бы, что для равновѣсія тѣла нужно $P = OF$. А изъ $\triangle FOG \backsim \triangle ABC$ получили бы

$$FO : OG = P : Q = BC : AB;$$

т. е. въ ономъ случаѣ, *сила относится къ сопротивленію, какъ высота плоскости къ ея основанію.*

Наклонныя плоскости употребляются для вскатыванія или спусканія внизъ весьма тяжелыхъ массъ.

О клинѣ (*coin*, *Keil*).

138. *Клиномъ* называется трехугольная призма, вколачиваемая однимъ ребромъ между двумя тѣлами или между частями одного тѣла, для того чтобы раздвинуть оныя. Пусть ABC (фиг. 63) представляетъ намъ поперечный разрѣзъ клина, вколачиваемаго въ тѣло M, силою P, дѣйствующею перпендикулярно на бокъ AB. Сторона AB, противолежащая острію C клина, называется *шириною*, а стороны AC, BC его *боками*. Части тѣла, сопротивляясь ихъ раздвиганію, производятъ давленіе на бока клина перпендикулярно къ онымъ; и сіи-то давленія представляютъ сопротивленіе, преодолѣваемое силою. По сему, чтобы судить о дѣйствіи силы P посредствомъ клина, означимъ ея величину линіею ab, и разложимъ на двѣ части am, an, перпендикулярныя къ бокамъ AC, BC, заключивъ параллелограмъ $ambn$. Слагающія силы am, an и покажутъ намъ дѣйствія, передаваемыя силою P; а изъ $\triangle abm \backsim \triangle ABC$ (ибо ихъ стороны взаимно перпендикулярны) находимъ

$$ab : am : an = P : am : an = AB : AC : BC;$$

т. е., *сила P, дѣйствующая посредствомъ клина, относится къ передаваемымъ его дѣйствіямъ, какъ ширина клина къ длинамъ его боковъ;* или, чѣмъ острѣе клинъ, тѣмъ сила посредствомъ его дѣйствуетъ выгоднѣе.

Ножи, топоры, долота, шпаги, иглы, и проч. всѣ суть различныя видоизмѣненія клина.

О винтѣ (*vis*, *Schraube*).

139. Винтомъ называется такой цилиндръ, по поверхности коего обвивается непрерывное возвышеніе (трехугольное или квадратное), имѣющее въ каждомъ мѣстѣ одинакія измѣренія, и пересѣкающее вездѣ бока цилиндра подъ однимъ и тѣмъ же угломъ. Отъ сего каждое ребро цилиндра дѣлится винтовыми оборотами (нарѣзками) на равныя части, называемыя *ступенями винта* (pas de la vis).

Винтъ бываетъ *внутренній* и *наружный*. Внутренній винтъ или *гайка* есть пустой цилиндръ, на внутренней поверхности коего находятся винтовые нарѣзки. Сіи два винта составляютъ машину, когда дѣйствуютъ вмѣстѣ, то есть, когда гайка навинчивается на наружный винтъ посредствомъ рукоятки силою, дѣйствующею параллельно основанію винтоваго цилиндра; либо когда винтъ ввинчивается въ гайку посредствомъ рычага, продѣтаго сквозь одинъ его конецъ. Преодолѣваемое же сопротивленіе дѣйствуетъ или на конецъ винта или на гайку всегда параллельно оси винта.

Когда сила, дѣйствующая на рукоятку, обращая винтъ въ неподвижной гайкѣ, опишетъ цѣлую окружность, то конецъ винта подвинетъ сопротивленіе на длину одной ступени винта; такъ что, *скорость точки приложенія силы будетъ относиться къ скорости точки приложенія сопротивленія, какъ окружность описанная силою къ длинѣ одной ступени.* А изъ сего обратно заключить должно, что, во время равновѣсія на винтѣ, сила относится къ сопротивленію, какъ длина ступени, къ окружности описываемой силою. Законъ сей можетъ быть выведенъ и непосредственно,

принимая винтъ за сложную машину, состоящую изъ рычага и наклоненной плоскости.

Винтъ рѣдко употребляется для подниманія тѣлъ, но болѣе для произведенія давленія (напр. въ прессахъ), для произведенія медленнаго движенія, для раздѣленія данной прямой на равныя части (въ дѣлительныхъ машинахъ), для измѣренія малѣйшихъ толстотъ (въ микрометрическихъ винтахъ), для устроенія *сферометра*, и проч. См. Traité élémen. de physique, par E. Péclet, 2-e éd. T. I., pag. 4.

140. Изъ всего предъидущаго видно, что посредствомъ машины можно всякую данную силу преобразовать такъ, что она будетъ производить равновѣсіе со всякою другою силою, какъ бы оная велика ни была.— Выведенные законы равновѣсія на простыхъ машинахъ со всею строгостію оправдываются и на опытѣ: но опытъ же показываетъ, что когда сила уравновѣшиваетъ сопротивленіе, то можно нѣсколько увеличить силу или сопротивленіе, не нарушая онаго равновѣсія; и, чтобы сила могла производить движеніе, надлежитъ оную увеличить на количество опредѣленное и довольно значительное. Ибо, кромѣ даннаго сопротивленія, она должна еще преодолѣвать различныя препятствія движенію, о коихъ теперь дадимъ нѣкоторыя понятія. Главнѣйшихъ препятствій движенію находится пять: треніе, жесткость веревокъ, ударъ, сопротивленіе отъ средины и дѣйствіе тяжести. Мы будемъ говорить только о первыхъ четырехъ.

1. *Треніе* (*frottement*, *Reibung*).

141. Какъ бы мы хорошо ни полировали тѣла, всегда на ихъ поверхности остаются возвышенія и углубленія,

покрайней мѣрѣ зависящія отъ ихъ скважности. Посему, ежели какое нибудь тѣло движется по поверхности другаго, то отъ зацѣпленія ихъ взаимныхъ неровностей происходитъ сопротивленіе движенію, называемое *тре-ніемъ*, которое постепенно уменьшаетъ скорость движущагося тѣла.

Чтобы судить о величинѣ тренія и обстоятельствахъ измѣняющихъ оное употребляются различные способы, изъ коихъ простѣйшій есть слѣдующій. Испытуемое тѣло M (фиг. 64.) обдѣлываютъ въ видѣ параллелипипеда, и кладутъ на горизонтальную доску AB; къ тѣлу M прикрѣпляютъ шелковый снурокъ, который перекидываютъ чрезъ неподвижный блокъ D, такъ чтобы часть CD была горизонтальна, и къ концу его привѣшиваютъ вѣсовую чашку. Еслибы небыло тренія между тѣломъ M и плоскостью AB, то всякой малѣйшій вѣсъ, дѣйствующій на снурокъ DE, былъ бы достаточенъ привесть въ движеніе тѣло M; но опытъ показываетъ что надлежитъ значительное количество вѣсу Q положить въ чашку L, дабы можно было оное тѣло тронуть съ мѣста, или преодолѣть его треніе съ плоскостью AB. Симъ вѣсомъ Q и опредѣляется величина тренія.

Амонтонъ, *Дезагюльеръ*, *Мусшенбрекъ*, *Куломбъ* и *Герстнеръ*, испытывая треніе тѣлъ различными средствами, открыли:

1) Что треніе между тѣлами бываетъ тѣмъ меньше, чѣмъ лучше онѣ будутъ полированы. Впрочемъ слишкомъ хорошая полировка обнаруживаетъ между нѣкоторыми трущимися тѣлами прилипаніе, увеличивающееся пропорціонально плоскости прикосновенія, которое опять можетъ увеличивать сопротивленіе движенію.

2) *Треніе между тѣлами увеличивается вообще пропорціонально ихъ взаимному давленію.* Покрайней мѣрѣ въ нѣкоторыхъ предѣлахъ между вѣсомъ тѣла M (фиг. 64) и вѣсомъ Q, измѣряющимъ треніе, получается довольно постоянное отношеніе. Если сіе отношеніе назовемъ буквою f, то будетъ $Q = fM$. Отношеніе f для каждыхъ двухъ трущихся тѣлъ бываетъ различно, и опредѣляется по опыту. Для тѣлъ, имѣющихъ среднюю степень гладкости, f измѣняется отъ $\frac{1}{[illegible]}$ до $\frac{1}{[illegible]}$.

3) Ежели тѣло M движется по горизонтальной плоскости, то въ ономъ случаѣ треніе не зависитъ отъ величины трущейся поверхности, когда вѣсъ тѣла не измѣняется.

4) Треніе бываетъ больше при переходѣ тѣла отъ покоя къ движенію, нежели во время движенія. Потому что треніе достигаетъ наибольшей величины своей не мгновенно, но по истеченіи нѣкотораго времени. Впрочемъ изъ сего правила исключаются металлы, между коими треніе въ обоихъ случаяхъ оказывается одинаковымъ.

5) Посредственная скорость движенія не имѣетъ примѣтнаго вліянія на треніе, когда металлы или дерева трутся между собою: но въ разнородныхъ тѣлахъ треніе увеличивается почти въ прогресіи геометрической, когда скорость возрастаетъ въ прогресіи ариѳметической.

6) Треніе у деревъ увеличивается отъ влажности, а у металловъ отъ нагрѣванія; вѣроятно потому, что въ обоихъ случаяхъ происходитъ расширѣніе оныхъ тѣлъ, а слѣдственно и увеличеніе ихъ неровностей.

7) Во многихъ случаяхъ треніе между однородными тѣлами бываетъ болѣе, нежели между разнородными.

Потому что у однородныхъ тѣлъ, неровности, зависящія отъ ихъ природы, подобны другъ другу, и отъ того возвышенія на поверхности одного тѣла могутъ свободно входить въ углубленія поверхности другаго тѣла : въ разнородныхъ же тѣлахъ рѣдко взаимныя неровности бываютъ подобны.

8) Треніе произходитъ несравненно больше, когда одно тѣло скользитъ по поверхности другаго, нежели когда оно катится по оной. Ибо, въ первомъ случаѣ, зацѣпляющіяся неровности должны быть сламываемы, или стираемы, или сгибаемы; во второмъ же, самый образъ движенія способствуетъ къ тому, что неровности одного тѣла изъ неровностей другаго вынимаются. Посему треніе раздѣляютъ обыкновенно на два рода, на *треніе тѣлъ скользящихъ и треніе тѣлъ катящихся.*

Изъ сего видно, что треніе можетъ быть уменьшено : 1) полированіемъ трущихся поверхностей и уменьшеніемъ точекъ взаимнаго ихъ прикосновенія; 2) уменьшеніемъ между ними взаимнаго давленія; 3) употребляя трущіяся тѣла разнородныя (*); 4) превращеніемъ тренія перваго рода въ треніе втораго рода; для сего то при сдвиганіи тяжелыхъ массъ подкладываютъ подъ нихъ катки; тяжелую мебель утверждаютъ на ножкахъ съ мѣдными колесцами, и проч.; 5) наконецъ, смазываніемъ трущихся поверхностей жирными веществами, посредствомъ коихъ закрываются не-

---

(*) Такимъ образ. въ хронометрахъ и даже хорошихъ карманныхъ часахъ дѣлаютъ ходъ на камняхъ; у компасныхъ стрѣлокъ, у нѣкоторыхъ электрометровъ, обращающихся на стальныхъ шпилькахъ, дѣлаютъ агатовыя шляпки, и пр.

ровности оныхъ поверхностей, и превращается нѣкоторымъ образомъ треніе перваго рода въ треніе втораго рода. — Подробнѣе о треніи смотри : Metternich vom Widerstande der Reibung. Francf. a. Mainz. 1789. Memoires de l'Acad. 1790. 1782. Poppe pract. Abh. üb. d. Lehre von der Reibung. Gött. 1801.

2. *Жесткость веревокъ.*

142. Веревки весьма часто употребляются въ составъ машинъ, какъ орудія, удобныя для передачи дѣйствія силъ : но когда веревка, натягиваемая сопротивленіемъ, обвивается около блоковъ или валовъ машинъ, то нѣкоторая часть силы употребляется только для сгибанія оной веревки, или для преодолѣнія ея *жесткости* (raideur, Steifheit). Куломбъ, испытывая оное сопротивленіе движенію, показалъ, 1) что *оно увеличивается пропорціонально напряженію веревки*, 2) *прямо пропорціонально квадрату ея діаметра*, и 3) *обратно пропорціонально діаметру вала, около котораго она обвивается.* Пространнѣе о семъ см. Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement et à la roideur des cordages ; par C. A. Coulomb. nouv. édit . 1821.

3. *Ударъ тѣлъ.*

143. *Ударомъ* (choc, Stoss) называется быстрое сообщеніе движенія отъ одного тѣла другому.

Ударъ бываетъ *прямой* или *косвенный*, смотря потому, бываетъ ли направленіе движенія ударяющаго тѣла перпендикулярно или наклонно къ поверхности тѣла удареннаго. Онъ называется также *центральнымъ*, когда ударяющіяся тѣла движутся по линіи, сое-

дипяющей ихъ центры тяжести, и когда точка ударенія находится на сей же прямой; въ противномъ случаѣ, ударъ называется *эксцентрическимъ*.

144. *Сообщеніе движенія.* — Когда тѣло получаетъ ударъ въ какомъ ни есть мѣстѣ, то части ударенныя первыя приходятъ въ движеніе; отъ нихъ сообщается движеніе частямъ, непосредственно къ нимъ прилѣжащимъ; а сіи будутъ раздѣлять движеніе съ частями дальнѣйшими, и т. д. Таковое сообщеніе дотолѣ будетъ продолжаться, пока вся масса тѣла получитъ одинакую скорость. А какъ части всякаго тѣла не плотно между собою прикасаются, то онѣ и получатъ одинакую скорость не мгновенно, но чрезъ нѣкоторое впрочемъ весьма короткое время. Напримѣръ, ежели тонкой мѣдной пластинкѣ сообщится ударъ перпендикулярный къ направленію ея длины, то часть ударенная первая получитъ движеніе, которое раздѣлитъ съ частями ближайшими, а сіи — съ частями слѣдующими; посему середнія части придутъ въ движеніе скорѣе крайнихъ; отъ сего пластинка выгнется впередъ своею серединою, и тогда придетъ вся въ движеніе, когда всѣ ея части получатъ равныя скорости. Ежели ударенная часть получитъ столь большую скорость, что она подавшись впередъ, выйдетъ изъ сферы своего притяженія съ ближайшими частицами прежде, нежели сообщится онымъ движеніе; то она одна вырвется изъ ударенпаго тѣла, которое останется въ покоѣ. Симъ изъясняется, отъ чего пуля, брошенная рукою въ стекло, разбиваетъ оное на куски: но ежели сею пулею выстрѣлить въ стекло изъ ружья, то она пролѣтаетъ сквозь него, сдѣлавъ въ немъ круглое отверстіе. Въ морскихъ сраженіяхъ, пушечное ядро

ударившее въ бокъ корабля со всею своею силою, дѣлаетъ въ ономъ также небольшое круглое отверстіе; ядро же, потерявшее большую часть начальной его скорости, при таковомь ударѣ, дѣлаетъ опасный проломъ; и проч.

Такъ какъ величина и свойство удара зависятъ отъ направленія тѣлъ ударяющихся; отъ ихъ скорости, массы, вида, и также отъ состоянія совокупленія въ нихъ частицъ; то мы и разсмотримъ здѣсь только свойства удара твердыхъ тѣлъ совершенно неупругихъ и совершенно упругихъ, имѣющихъ видъ шаровъ, и движущихся въ свободномъ пространствѣ.

145. *Свойства прямаго удара тѣлъ неупругихъ.* — Когда движущееся неупругое тѣло производитъ прямой ударъ въ другое неупругое тѣло покоющееся или медленнѣе его движущееся, то побуждаетъ оное къ движенію до толѣ, пока оба тѣла получатъ одинакую скорость, которая называется *общею скоростью послѣ удара.* При семъ открываются слѣдующіе законы:

1). Ежели происходитъ прямой ударъ между двумя неупругими шарами, движущимися въ одну сторону; то ихъ общая скорость послѣ удара бываетъ равна суммѣ ихъ силъ движенія до удара бывшихъ, раздѣленной на сумму ихъ массъ. А ежели массы равны, то общая скорость послѣ удара будетъ равна полусуммѣ ихъ скоростей (*).

(*) Пусть M, m, суть массы оныхъ тѣлъ, V, v, скорости ихъ до удара; и пусть x, есть искомая общая скорость послѣ удара. Силы движенія оныхъ тѣлъ до удара будутъ MV, mv; а послѣ удара Mx, mx. При ударѣ, первое тѣло потеряетъ количество движенія $MV - Mv$, а второе

2). Ежели происходитъ прямой ударъ между двумя неупругими шарами, движущимися въ противныя стороны; то ихъ общая скорость послѣ удара найдется, когда возмемъ разность ихъ силъ движенія до удара, и раздѣлимъ на сумму ихъ массъ. А ежели массы равны, то общая скорость послѣ удара бываетъ равна полуразности скоростей до удара бывшихъ (*).

тѣло пріобрѣтетъ $mx - mv$. Но, по причинѣ самонедѣйственности, сколько первое тѣло теряетъ количества движенія, столько же второе должно пріобрѣсти; посему

$$MV - Mx = mx - mv, \text{ откуда}$$

$$x = \frac{MV + mv}{M + m} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (\alpha);$$

$$\text{а ежели } M = m, \text{ то } x = \frac{V + v}{2}.$$

Слѣдственно масса M при ударѣ теряетъ скорость

$$V - x = \frac{mV - mv}{M + m}:$$

а масса m пріобрѣтетъ скорость

$$x - v = \frac{MV - Mv}{M + m}.$$

(*) Въ семъ случаѣ, поелику одна масса m движется противъ другой M, то ея скорость должно принять отрицательною, то есть, $-v$. Отъ чего общая формула (α) сдѣлается

$$x = \frac{MV - mv}{M + m};$$

$$\text{а ежели } M = m, \text{ то } x = \frac{V - v}{2}.$$

Чтобы два ударившихся тѣла остались въ покоѣ, нужно, чтобъ было $x = o$, или

$$V : v = m : M,$$

то есть, *чтобы скорости ихъ были обратно пропорціональны ихъ массамъ.*

3) Ежели движущееся тѣло встрѣчаетъ тѣло покоющееся, то общая скорость послѣ удара найдется, раздѣливъ силу движенія тѣла ударяющаго на сумму ихъ массъ. А ежели массы равны, то онѣ обѣ послѣ удара получатъ скорость, равную, половинѣ скорости тѣла ударившаго (*).

4) Ежели движущееся тѣло сдѣлаетъ прямой ударъ въ тѣло покоющееся, и утвержденное неподвижно; то оно послѣ удара всю свою скорость потеряетъ и остановится.

146. Всѣ сіи законы повѣряются на *Маріоттовой машинѣ* (фиг. 65), которая состоитъ изъ деревянной подставки, имѣющей вверху на горизонтальной прямой нѣсколько гвоздей; къ симъ гвоздямъ привѣшиваются на равныхъ снуркахъ глиняные либо свинцовые шары равныхъ массъ, такъ чтобы они только прикасались одинъ къ другому, не производя между собою ни какого давленія. Изъ точки C, взятой на срединѣ между гвоздями, описывается дуга AB радіусомъ CD, и дѣлится на равныя части; она служитъ для измѣренія скоростей движенія ударяющихся шаровъ.

(*) Ежели тѣло m покоится, то его скорость $v = o$; посему общая скорость послѣ удара будетъ

$$x = \frac{MV}{M+m};$$

а ежели $M = m$, то $x = \frac{V}{2}$.

Когда x, M, m извѣстны, то изъ сей формулы найдется скорость V тѣла ударяющаго. Сей случай употребляется для нахожденія скорости ядра, выброшеннаго изъ орудія силою пороха, при помощи *баллистическаго маятника*. См. Cours de physique, par J. M. M. Peyré. 1-er cahier, pag. 127, et suiv.

147. *Косвенный ударъ.* — Ежели шаръ A, движущійся по направленію AE (фиг. 66) со скоростію CE, ударитъ въ равный ему шаръ покоющійся B; то разложивъ его скорость CE на CD, дѣйствующую по линіи Co центровъ, и на Cn къ ней перпендикулярную, увидимъ, что скорость $Dm = \frac{1}{2}DC$ сообщится тѣлу B, и заставитъ его итти по направленію *op*; остальная же часть *m*C въ совокупности со скоростью C*n* заставитъ тѣло A итти по діагонали CG параллелограма *m*C*n*G.

Ежели неупругое тѣло, движущееся по направленію AB (ф. 67), со скоростію OB, ударится косвенно о неподвижную плоскость MN; то послѣ удара оно начнетъ двигаться вдоль оной плоскости съ меньшею скоростью. Ибо его скорость OB разложится на двѣ: одну DO перпендикулярную къ MN, а другую CO ⌗ MN. Скорость OD уничтожится сопротивленіемъ неподвижной плоскости MN; а со скоростью OC тѣло будетъ скользить вдоль плоскости. Очевидно, что $OC < OB$

148. *Свойства удара тѣлъ упругихъ.* — Когда упругое тѣло получаетъ ударъ, то оно по направленію удара сжимается съ двухъ противоположныхъ сторонъ съ одинакою силою, и потомъ съ такою же силою возстановляетъ свою фигуру съ обоихъ сторонъ. Напримѣръ, ежели положить на горизонтальный столъ большое, упругое, стальное кольцо, и со внутри онаго на двухъ концахъ одного и тогоже діаметра поставить два равные шарика слоновой кости; потомъ ударить слегка молоткомъ по наружной сторонѣ кольца противъ одного изъ нихъ: тогда оба шарика начнутъ двигаться по діаметру ихъ соединенія, сойдутся въ центрѣ кольца, гдѣ ударившись оттолкнутся къ окружности, и т. д. Движеніе обоихъ шариковъ съ двухъ

противоположныхъ концовъ діаметра ясно доказываетъ что упругое кольцо получаетъ сжатіе съ двухъ противоположныхъ сторонъ; что сіе сжатіе произошло съ одинакою силою, потому что шарики, имѣя равныя массы, получили одинакія скорости.

Сіе-то сжатіе и возстановленіе фигуры дѣлаетъ разность между ударомъ тѣлъ неупругихъ и упругихъ. Когда упругій шаръ А (фиг. 68) производитъ прямой ударъ въ шаръ В, то ихъ заднія и переднія части по направленію удара сжимаются: при семъ ударѣ шаръ А потеряетъ сперва такую часть скорости, какую бы онъ потерялъ будучи неупругимъ; но возстановляя свою *заднюю поверхность* въ противную сторону съ такою же силою, онъ потеряетъ еще такую же часть своей скорости. Шаръ В при ударѣ сперва приобрѣтетъ такую часть скорости, какую бы онъ приобрѣлъ будучи неупругимъ; а возстановляя свою переднюю поверхность въ сторону удара съ такою же силою, онъ пріобрѣтетъ еще такую же часть скорости. Что касается до возстановленія передней части шара А и задней части шара В, то сіи двѣ силы какъ равныя и противоположныя взаимно уравновѣшиваются. Изъ сего видно, что, *при ударѣ тѣлъ упругихъ, ударяющее тѣло теряетъ скорости вдвое болѣе, а тѣло ударенное приобрѣтаетъ скорости вдвое болѣе противъ того, когдабъ онѣ были неупруги* (*).

(*) Если шары А, В, имѣютъ массы M, m, и скорости V, v, то первый потеряетъ скорость

$$\frac{2mV+2mv}{M+m}, \text{ (стр. 155)},$$

а второй пріобрѣтетъ скорость $\frac{2MV-2Mv}{M+m}$;

149. Изъ сего свойства упругихъ тѣлъ происходятъ многія замѣчательныя слѣдствія : 1) Ежели два равные упругіе шара, движущіеся въ одну или въ противныя стороны, встрѣчаются и производятъ прямой ударъ, то мѣняются своими скоростями. Даже, если шаръ упругій ударитъ въ шаръ покоющійся ему равный; то первый всю свою скорость потеряетъ, а послѣдніи начнетъ двигаться со всею скоростію перваго. 2) Ежели масса ударяемаго тѣла неподвижна, то упругій шаръ, ударивши въ оное, отскакиваетъ назадъ по тому же направленію и съ такою же скоростію, какую онъ имѣлъ до удара, и проч. — Всѣ сіи выводы хорошо подтверждаются на описанной Маріоттовой машинѣ (фиг. 65); только въ семъ случаѣ употребляются шары слоновой кости.

150. Ежели упругій шаръ C, (фиг. 69) движущійся со скоростью CE, ударяетъ косвенно о шаръ C ему равный, то его скорость разлагается на двѣ, изъ коихъ одна CD направлена по линіи CC′, соединяющей центры шаровъ, а другая CF $\perp$ CD. Шаръ C при ударѣ всю свою скорость CD передастъ шару C′, и пойдетъ по направленію CF; а шаръ C′ со скоростію CD пойдетъ въ сторону CD′.

151. *Упругій шаръ, ударяя косвенно о неподвижную плоскость, отскакиваетъ отъ нее, дѣлая уголъ отраже-*

слѣдственно, послѣ удара, шаръ A будетъ имѣть скорость

$$x = V - \left(\frac{2mV-2mv}{M+m}\right) = \frac{MV+2mv-mV}{M+m};$$

а шаръ B будетъ имѣть скорость

$$x' = v + \frac{2MV-2Mv}{M+m} = \frac{Mv+2MV-mv}{M+m}.$$

Для $M = m$, получится $x = v$, $x' = V$.

нія равный углу паденія. Ибо, какъ скоро шаръ O, двигавшійся по направленію AOB, (фиг. 70), ударяетъ въ неподвижную плоскость MN, то его скорость BO разлагается на двѣ, изъ коихъ одна DO ⊥ MN, а другая CO ‡ MN. Скорость DO уничтожится сопротивленіемъ плоскости, а скорость CO останется неизмѣнною. Но какъ упругій шаръ, при ударѣ, получаетъ сжатіе по діаметру DOD', то, возстановляя свою поверхность, онъ приобрѣтетъ скорость OD' = OD, и двумя скоростями D'O и CO пойдетъ по направленію OA'. При семъ очевидно, что будетъ ∠AOD' = ∠A'OD. AOD' есть *уголъ паденія*, и AOD' уголъ отраженія.

Биліардная игра подвержена точнымъ законамъ сраженія упругихъ шаровъ, имѣющихъ равныя массы.

152. Когда между какими ни есть тѣлами происходитъ *эксцентрическій ударъ*, то вообще оныя тѣла (либо одно изъ нихъ) получаютъ два движенія : поступательное и вращательное (40).

4. *Сопротивленіе отъ срединъ.*

153. *Срединою* въ механикѣ называется всякая жидкость, въ которой движется какое нибудь тѣло. Даже твердыя прозрачныя тѣла называются срединами относительно свѣта.

Движеніе тѣлъ обыкновенно происходитъ въ срединахъ. Но когда тѣло движется въ воздухѣ или водѣ, то, вытѣсняя оную жидкость, теряетъ постепенно нѣкоторую часть количества движенія своего. Здѣсь сопротивленіе движенію тѣла зависитъ : отъ величины и формы передней поверхности движущагося тѣла; отъ плотности средины, отъ скорости движущагося тѣла отъ клейкости средины, и наконецъ отъ движенія самой средины.

Въ самомъ дѣлѣ, положимъ что тѣло M (фиг. 71) движется впередъ своею плоскостію AB перпендикулярно къ направленію движенія AD въ спокойной срединѣ, и, въ весьма малую единицу времени, проходитъ пространство $BC = V =$ его скорости; то оно вытѣснитъ количество ABCD средины, равное по вѣсу

$$AB.BC.D, \quad (72),$$

(означая чрезъ D плотность средины), и сообщитъ оной количество движенія $AB.BC.D.V$, или

$$AB.D.V^2.$$

Но какое количество движенія сообщится срединѣ, столько же силы движенія потеряетъ тѣло. И такъ, сопротивленіе отъ средины, въ каждую единицу времени, бываетъ 1) *пропорціонально передней плоскости движущагося тѣла*, 2) *пропорціонально плотности средины*, и 3) *пропорціонально квадрату скорости тѣла* (*).

154. Для повѣренія сихъ теоретическихъ выводовъ дѣланы были опыты еще *Ньютономъ* съ свинцовыми шариками, кои онъ облеплялъ воскомъ, чтобы дать имъ различныя плотности, и потомъ сравнивалъ время паденія ихъ въ цилиндрѣ извѣстной высоты, который былъ наполняемъ различными жидкостями. *Дезагюльеръ* и *Гауксбей* также дѣлали многіе опыты, пуская падать шарики разныхъ діаметровъ съ купола церкви С. Павла въ Лондонѣ. Изъ сихъ опытовъ найдено, что, при среднихъ скоростяхъ, наблюденія согласуются съ выводами, получаемыми чрезъ вычисленіе; но при

(*) Если бы плоскость AB тѣла была наклонена къ направленію AD движенія подъ какимъ ни есть угломъ A, то сопротивленіе движенію оной плоскости было бы

$$AB \cdot D \cdot V^2 \cdot \sin^2 A.$$

скоростяхъ очень большихъ и очень малыхъ онѣ весьма разнятся между собою.

155. Форма движущагося тѣла, особливо же форма его передней поверхности имѣетъ весьма большое вліяніе на сопротивленіе движенію онаго тѣла. Вообще *тѣло встрѣчаетъ менѣе сопротивленія отъ средины, когда его передняя поверхность будетъ выпуклая, нежели вогнутая или плоская.* Изъ опытовъ найдено, что ежели полу-шаръ, движется впередъ выпуклою поверхностію, то встрѣчаетъ сопротивленіе, изображаемое числомъ 58; но тотъ же полу-шаръ встрѣчаетъ сопротивленіе равное 129, ежели движется впередъ плоскостью круга. Конусъ, движущійся впередъ своею вершиною, встрѣчаетъ сопротивленіе = 60; но движась впередъ своимъ основаніемъ получаетъ сопротивленіе = 140.

156. *Вліяніе сопротивленія срединъ на движеніе тѣлъ брошенныхъ.* — Изъ предыдущаго видно, что тѣло брошенное въ срединѣ, хотя бы не было подвержено тренію и дѣйствію тяжести, не можетъ имѣть движенія равномѣрнаго, но его движеніе всегда должно быть укоснительное. Сколь велико сопротивленіе воздухъ оказываетъ на движеніе тѣлъ въ немъ брошенныхъ, это можно видѣть изъ того, что пушечное 24-фунтовое ядро, выстрѣленное вертикально въ пустотѣ, должно было бы подняться на 66000 фут., тогда какъ оно въ воздухѣ достигаетъ только высоты 5782 фута; его наибольшая дальность метанія въ первомъ случаѣ должна быть 125000 фут., въ воздухѣ же оно перелѣтаетъ пространство = 12632 фута.

Вліяніе на движеніе тѣлъ падающихъ. — Свободное движеніе тѣлъ падающихъ въ воздухѣ также не бываетъ

въ точности равномѣрно-ускорительное; оно иногда дѣлается не только равномѣрнымъ, но даже укоспительнымъ. Такимъ образомъ куски бумаги, пухъ, перье падаютъ медленно въ воздухѣ; тѣла же тяжелѣйшія падаютъ гораздо скорѣе, ибо онѣ, при томъ же объемѣ, имѣютъ болѣе массы, а слѣдственно и болѣе движущей силы. — Симъ изъясняется дѣйствіе *парашютовъ*.

157. Когда тѣло движется въ такой срединѣ, которая сама находится въ движеніи, то она встрѣчаетъ сопротивленіе иногда бо́льшее, нежели отъ спокойной средины, иногда меньшее или даже ничтожное, смотря по направленію движенія оной.

158. *Преломленіе движенія.* — Когда тѣло переходитъ изъ одной средины въ другую, встрѣчая поверхность оной *подъ прямымъ угломъ*, то оно получаетъ измѣненіе только въ своей скорости, но не перемѣняетъ прежняго своего направленія. Если же оно переходитъ въ другую средину, падая на поверхность оной *косвенно*, то всегда перемѣняетъ направленіе пути своего. На прим. ежели шаръ O (фиг. 72), двигавшійся въ воздухѣ по направленію AOa, начинаетъ переходить въ воду (или вообще въ рѣдчайшую средину), то его скорость Oa разлагается на двѣ, изъ коихъ одна OC параллельна поверхности MN воды, а другая $Ob \perp MN$. Часть bd скорости Ob уничтожится противодѣйствіемъ воды, другая же часть bd со скоростію OC заставитъ тѣло итти по направленію OA', и *удалиться отъ перпендикуляра* pb, *воображаемаго въ точкѣ паденія къ* MN. Сія-то перемѣна направленія и называется *преломленіемъ движенія*. При семъ $\angle AOp$ называется *угломъ паденія*; а $\angle A'Ob$ называется *угломъ преломленія*.

Величина преломленія зависитъ отъ величины и формы поверхности тѣла O, отъ плотности новой средины, отъ скорости тѣла и отъ величины угла паденія. Чѣмъ косвеннѣе тѣло переходитъ изъ рѣдчайшей средины въ плотнѣйшую, тѣмъ менѣе получается его вертикальная скорость bO; слѣдственно, ежели бросить его на поверхность MN подъ такимъ угломъ, чтобы вся его вертикальная скорость уничтожилась, то тѣло начнетъ или скользить по поверхности MN, или, встрѣчая сопротивленіе отъ средины, будетъ отскакивать отъ оной.

Но если тѣло переходитъ косвенно изъ воды въ воздухъ (или вообще изъ плотнѣйшей средины въ рѣдчайшую), по направленію SoA; то оно, прикасаясь къ воздуху своею частію *m* (фиг. 73), начинаетъ съ сей стороны встрѣчать постепенно меньшее сопротивленіе, а потому и удаляется въ сторону меньшаго сопротивленія, приближается постепенно къ перпендикуляру pp', воображаемому въ точкѣ переходѣ, и принимаетъ направленіе oA'.

159. Изъ всего доселѣ сказаннаго видно, что всякая машина (равно какъ и всякое тѣло) можетъ получить равномѣрное движеніе только тогда, когда будетъ на него дѣйствовать достаточная *живая сила*, каковы силы животныхъ, сила воды, вѣтра, упругости пружинъ, паровъ, и проч., которая, сообщивъ машинѣ извѣстную скорость, могла бы все прочее дѣйствіе свое употреблять для непрерывнаго преодолѣнія препятствій, зависящихъ отъ тренія, сопротивленія срединъ, и проч. Отъ сего происходитъ, что *полезное дѣйствіе* машины, (произведеніе машины) бываетъ весьма различно отъ *полнаго дѣйствія*, употребляемаго движущею силою: первое всегда бываетъ менѣе втораго; ибо оно равно сему послѣднему безъ количествъ дѣй-

ствія потерянныхъ для него. См. *Записки о приложеніи началъ Механики къ исчисленію дѣйствія машинъ составлен. Профессоромъ Чижовымъ. С. Петербургъ.* 1823.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О капельныхъ жидкостяхъ.

(*Гидростатика*).

160. *Гидростатика* есть часть механики, въ которой излагаются законы равновѣсія и давленія капельныхъ жидкостей какъ между собою, такъ и съ твердыми тѣлами, въ нихъ погружаемыми.

Жидкости въ механикѣ раздѣляются на однородныя и разнородныя. *Однородными жидкостями* называются тѣ, которыя имѣютъ одинакую плотность, хотябы ихъ химическій составъ былъ различенъ; а *жидкостями разнородными* называются тѣ, кои различную имѣютъ плотность, хотя бы химическій составъ ихъ былъ одинаковъ, напр. вода, ртуть, винной спиртъ, и пр.

Гидростатику обыкновенно раздѣляютъ на три части: въ первой говорится о равновѣсіи и давленіи жидкостей однородныхъ; во второй части — о равновѣсіи и давленіи жидкостей разнородныхъ; а въ третьей — о равновѣсіи жидкостей съ твердыми тѣлами.

При изслѣдываніи законовъ равновѣсія жидкостей принимается за основаніе: 1) что частички ихъ совершенно удобоподвижны, и 2) что капельныя жидкости не сжимаемы внѣшними силами (*).

(*) Хотя оба сіи свойства во всемъ ихъ совершенствѣ не находятся въ капельныхъ жидкостяхъ; впрочемъ удоподвиж-

А. О равновѣсіи однородной капельной жидкости.

1. *При дѣйствіи на нее только внѣшнихъ силъ.*

161. *Всякая жидкость, заключенная со всѣхъ сторонъ въ сосудѣ, и подверженная давленію, производимому на нее въ какомъ нибудь мѣстѣ, имѣетъ свойство передавать оное давленіе по всему протяженію ея массы безъ всякой потери.* Сіе свойство, извѣстное подъ именемъ *начала равенства давленія*, выводится только изъ однихъ опытовъ и наблюденій. Наприм. возмемъ пустой шаръ С (фиг. 74.), имѣющій многія небольшія отверстія; привинтимъ къ нему давящій насосъ В, и потомъ, опустивъ сей шаръ въ воду, будемъ поднимать вверхъ поршень А; тогда вода наполнитъ шаръ и трубу насоса. Но ежели станемъ опускать поршень внизъ, давя онымъ воду, въ трубѣ находящуюся; то она устремится изъ всѣхъ отверстій шара, и будетъ изъ оныхъ выбрасываться, по видимому, съ равными силами. Сей простой опытъ показываетъ, что давленіе, сообщаемое жидкости, передается во всѣ стороны.

Что сообщаемое давленіе передается совершенно равно и безъ всякой потери, это выводится изъ слѣдующаго

ность ихъ частей чрезвычайно велика; а дѣйствительная сжимаемость столь мала, что можно во вся и не обращать вниманія на оную. Наприм. точнѣйшіе опыты Гг. Колладона и Штрума (1827 года) показали, что *ртуть* при температурѣ 0° отъ давленія одной атмосферы, сжимается на 5,03 милліонныхъ; перегнанная вода, несодержащая воздуха — на 51,3 милліонныхъ; чистый винный спиртъ при температурѣ 11°,6 — на 96,2 милліонныхъ; сѣрный эѳиръ, при 0° — на 133 милліонныхъ своего объема, и проч.

наблюденія. Вообразимъ себѣ, что капельная жидкость (которую мы теперь представляемъ еще не подверженною дѣйствію тяжести) заключена въ сосудѣ ABCD со всѣхъ сторонъ (фиг. 75), и что сила p давитъ оную посредствомъ поршня, плотно входящаго въ отверстіе a; представимъ также, что въ сосудѣ находится другое отверстіе a', закрытое поршнемъ, на который дѣйствуетъ сила p': опытъ показываетъ, что ежели отверстіе $a'=a$, то жидкость останется только тогда въ покоѣ, когда будетъ сила $p'=p$. Ежели въ томъ же сосудѣ сдѣлаемъ нѣсколько равныхъ отверстій $a=a'=a''=a'''=\ldots$, закрытыхъ поршнями, то, при дѣйствіи силы p, жидкость можетъ остаться въ покоѣ, когда на всѣ поршни будутъ дѣйствовать равныя силы давленія $p=p'=p''=p'''=\ldots$ И такъ всякая часть a', a'', ... сосуда, отъ дѣйствія одной силы p, терпитъ такое давленіе, какъ будто бы оная сила была къ ней непосредственно приложена.

Ежели отверстіе a' будетъ вдвое больше a, то и силу p' надлежитъ употребить вдвое болѣе p, чтобы жидкость удержать въ равновѣсіи. И вообще, *чтобы жидкость была въ покоѣ, а силы давящія оную были въ равновѣсіи, надобно, чтобы оныя силы были пропорціональны площадямъ отверстій или основаніямъ поршней, посредствомъ коихъ онѣ передаютъ свое дѣйствіе;* т. е.
$$p : p' = a : a'.$$

Посему, ежели отверстіе $a' = 100a$, и ежели малымъ поршнемъ производитъ давленіе на жидкость одинъ человѣкъ; то на широкой поршень должны дѣйствовать 100 такихъ человѣкъ, чтобы жидкость удержать въ покоѣ. Сіе-то свойство жидкостей послужило

къ устроенію и употребленію *Гидравлическаго пресса* или *гнета*, машины чрезвычайно сильной и полезной.

Во время равновѣсія жидкости, подверженной дѣйствію давящихъ оную силъ, *каждая частичка m оной будетъ терпѣть со всѣхъ сторонъ равныя давленія*, кои ей передаются также, какъ бы онѣ передавались стѣнкѣ сосуда, на мѣстѣ ея воображаемой.

2. *Равновѣсіе однородной жидкости, подверженной одному ея частичному притяженію.*

162. *Всякая масса жидкаго тѣла, коей частички повинуются только одному ихъ взаимному притяженію, приходя къ равновѣсію, принимаетъ видъ совершеннаго шара.* Чтобы въ семъ удостовѣриться, вообразимъ себѣ массу MN (фиг. 76) свободной жидкости; возмемъ на ея поверхности шесть частичекъ a, b, c, d, e, n, въ разстояніяхъ $ab = ac = de = en$ и равныхъ радіусу сферы примѣтнаго притяженія. Частички b и c, дѣйствуя на частичку a, по линіямъ ab, ac, подъ малымъ угломъ bac, сообщаютъ ей побужденіе af; а частички d и n, дѣйствуя на частичку e подъ бо́льшимъ угломъ den, сообщаютъ оной побужденіе $em < af$. Подобныя же дѣйствія будутъ происходить по всей поверхности массы MN, и будутъ передаваться чрезъ всю жидкость безъ потери. Отъ сего масса жидкости будетъ перемѣнять свою форму дотолѣ, пока силы af, em, . . . по всей поверхности сдѣлаются равными, что можетъ быть только тогда, когда углы bac, den, . . . между слагающими силами сдѣлаются равны, или когда кривизна поверхности сдѣлается вездѣ одинакою, т. е. шаровою. — Такимъ образомъ небесныя тѣла, бывшія вначалѣ ихъ образованія жидкими, имѣютъ видъ сферъ,

носящихся въ пространствахъ вселенной. Сему же примѣры имѣемъ мы и на земной поверхности. Океаны имѣютъ выпуклую поверхность, сообразную фигурѣ земнаго шара; ртуть, брошенная на столъ, разсыпается въ шаровидныя капельки; водяная роса, осаждающаяся на растенiяхъ, также имѣетъ видъ маленькихъ блестящихъ шариковъ. Даже самое сiе свойство жидкостей дало поводъ называть ихъ *капельными*.

163. *Измѣненiе сферической формы отъ влiянiя центробѣжной силы.* — Пока независимая масса жидкости находится въ покоѣ, она имѣетъ видъ совершеннаго шара: но ежели сей шаръ начнетъ обращаться около одного изъ своихъ дiаметровъ какъ около оси, то его форма необходимо перемѣнится отъ дѣйствiя раждающейся при семъ центробѣжной силы (88, E): ибо оная сила будетъ уменьшать силу притяженiя матерiи шара къ его центру на всѣхъ кругахъ, параллельныхъ экватору EE (фиг. 28): только ея наибольшее дѣйствiе будетъ при экваторѣ, а при полюсахъ *p*, *p*, оно будетъ ничтожно. Отъ сего въ массѣ жидкости равновѣсiе нарушится. Части, лежащiя около полюсовъ *p*, *p*, будучи сильнѣе побуждаемы къ центру *o*, начнутъ приближаться къ оному; а части, находящiяся при экваторѣ EE начнутъ отдаляться отъ центра. Отъ сего кривизна поверхности при экваторѣ будетъ увеличиваться, а при полюсахъ уменьшаться; шаръ будетъ принимать видъ эллипсоида, сплюснутаго при полюсахъ и возвышеннаго подъ экваторомъ. Но, съ увеличенiемъ кривизны при EE, начнетъ увеличиваться сила, побуждающая части экватора приближаться къ центру; при полюсахъ же оная сила будетъ уменьшаться, по причинѣ уменьшенiя тамъ кривизны поверхности: и слѣд-

ственно равновѣсіе произойдетъ только тогда, когда шаръ приметъ видъ такого сплюснутаго эллипсоида, для котораго оныя двѣ силы будутъ равны. — Вотъ причина, отъ чего наша земля (и прочія тѣла небесныя) имѣетъ видъ сфероида, сплюснутаго у полюсовъ и возвышеннаго подъ экваторомъ (*).

Измѣненіе сфер. формы отъ прилипанія къ тѣламъ. — Весьма малая капля ртути, положенная на стекло, мраморъ, и проч., довольно точно принимаетъ видъ шарика; но ежели оную положить на листокъ олова, то она притягиваясь къ нему со всѣхъ сторонъ, расплывается, и получаетъ видъ полу-сферическій. Капельки воды, висящія на пуху растеній, представляются настоящими шариками; но, бывъ опущены на стекло, дерево, и проч., также расплываются.

Измѣненіе сфер. формы отъ тяжести. — Луна, дѣйствуя на массу земли своимъ притяженіемъ, измѣняетъ форму океановъ, производя въ нихъ приливы и отливы. Земля своимъ притяженіемъ подобное же измѣненіе производитъ въ формѣ всякой висящей капли жидкости,

---

(*) Сплющеніе земли вычисляемо было изъ измѣненія центробѣжной силы и найдено (по Иворп) .... $= \frac{1}{289}$;
Изъ астрономическихъ опредѣленій .... $= \frac{1}{296,1}$;
Изъ измѣреній градуса (по Лапласу).......... $= \frac{1}{306}$;
Изъ каченій маятника (по Сабине)... .... $= \frac{1}{289,1}$;
Считая послѣдній выводъ наиболѣе вѣрнымъ, найдено, что радіусъ A земнаго экватора.... = 3271952 туазовъ;
Земная полу-ось B........... = 3260634 —
радіусъ при широтѣ 45°...... = 3266260 —
сплющеніе земли = A — B = 11318 туазовъ
$= \frac{1}{289,1} \cdot A$:
(1 туазъ = 6,394595 Англ. футовъ).

давая оной видъ продолговатаго сфероида, коего большая ось вертикальна. — Капля ртути, положенная на деревянный столъ или на стекло, принимаетъ видъ эллипсоида, сплюснутаго по вертикальному направленію; потому что ея верхнія части, по дѣйствію тяжести, давятъ на нижнихъ, и вытѣсняютъ ихъ въ стороны. Ежели сію каплу увеличивать, то она будетъ становиться болѣе плоскою, такъ что наконецъ ея поверхность сдѣлается горизонтальною, и кривизна будетъ замѣтна только на краяхъ оной.

3. *Равновѣсіе однородной жидкости, содержимой въ открытомъ сосудѣ, и подверженной дѣйствію силы тяжести.*

164. Извѣстно, что для удержанія твердаго тѣла въ равновѣсіи довольно только подпереть или привѣсить его центръ тяжести : но, чтобъ удержать въ равновѣсіи значительное количество капельной жидкости, нужна точка опоры для каждой частички ея массы, ибо сіи жидкости имѣютъ весьма малую связь въ частяхъ своихъ, и отъ того каждая частичка ихъ повинуется какъ силѣ тяжести, такъ и всякой другой, почти отдѣльно и независимо отъ прочихъ. По сей причинѣ мы заключаемъ оныя жидкости въ сосудахъ или другихъ вмѣстилищахъ, для того чтобы части ихъ, находя для себя точки опоры, могли пріитти въ равновѣсіе.

165. *Капельная жидкость содержимая въ открытомъ сосудѣ, приходя къ равновѣсію, получаетъ поверхность вездѣ перпендикулярную къ направленіямъ дѣйствія тяжести.* Ибо, если гдѣ нибудь поверхность будетъ

наклонена къ направленію дѣйствія тяжести, тамъ оная сила необходимо разложится на двѣ: одну перпендикулярную къ поверхности, а другую дѣйствующую по касательной линіи (внизъ по наклоненію поверхности), которая и заставитъ скользить частички жидкости, какъ по наклонной плоскости, и слѣдственно жидкость не будетъ въ покоѣ. — Какъ земная тяжесть дѣйствуетъ почти по направленію радіусовъ земли, то воды большихъ вмѣстилищъ, каковы великія озера, моря, океаны имѣютъ поверхность выпуклую, сообразную фигурѣ земнаго шара.

Въ небольшихъ сосудахъ можно считать направленія тяжести параллельными между собою, слѣдственно поверхность жидкостей должна быть горизонтальною. Впрочемъ и здѣсь горизонтальная поверхность близъ стѣнокъ сосуда можетъ измѣняться отъ дѣйствія притяженія къ онымъ, и отъ того можетъ быть иногда выпуклою, иногда вогнутою, смотря по тому, сильнѣе ли она притягивается къ собственной массѣ или къ стѣнамъ сосуда.

Давленія, производимыя тяжелою однородною жидкостію, во время ея равновѣсія.

166. Всякая жидкость, повинуясь тяжести, производитъ давленіе на сосудъ ее содержащій: но давленіе жидкостей совершенно различно отъ давленія твердыхъ тѣлъ. Твердое тѣло производитъ давленіе или сверху внизъ, или въ немногія стороны: но *жидкость, содержимая въ сосудѣ, какъ на собственныя части такъ и на стѣны сосуда давитъ по всѣмъ направленіямъ.* Въ семъ легко увѣриться изъ самыхъ простыхъ наблюденій:

Возмемъ двѣ широкія стеклянныя трубки *a*, *b*, съ обоихъ концовъ открытыя (фиг. 77); закроемъ ихъ верхніе концы рукою, а нижними опустимъ въ воду: тогда увидимъ, что, пока верхнія отверстія трубокъ закрыты, вода почти ни сколько въ нихъ не входитъ; но когда откроемъ верхнія отверстія, то вода тотчасъ начнетъ въ нихъ подниматься, и послѣ нѣсколькихъ качаній остановится въ обѣихъ трубкахъ на той же высотѣ, на какой она находится въ сосудѣ. Здѣсь быстрое возхожденіе воды зависитъ очевидно отъ давленія верхнихъ слоевъ воды, сообщающагося вбокъ и вверхъ тѣмъ частямъ оной, кои находятся при нижнихъ концахъ трубокъ.

Сей опытъ показываетъ, что жидкости производятъ давленіе на собственныя свои части по всѣмъ направленіямъ; а слѣдующій опытъ подтверждаетъ, что онѣ давятъ и на стѣны сосудовъ ихъ содержащихъ также во всѣ стороны. Въ стеклянный сосудъ, (фиг. 78), нальемъ столько воды, чтобы ею наполнилась и вся его шея *ab*; тогда вѣсъ столба *ab* воды можно принять за силу, производящую давленіе на прочую массу воды. А мы уже знаемъ (160), что сіе давленіе должно передаваться безъ потери какъ всѣмъ частямъ воды, такъ и стѣнкамъ сосуда. Давленіе жидкостей снизу вверхъ еще лучше можно видѣть въ *Вольфовомъ анатомическомъ сифонѣ*, который состоитъ изъ жестянаго цилиндра M (фиг. 79), сообщающагося съ длиною вертикальною трубкою N. Ежели цилиндръ M завязать сверху мокрымъ пузыремъ, и пространство MN наполнить водою; то, отъ сильнаго давленія воды, пузырь будетъ надуваться и растягиваться, и можетъ на себѣ поддерживать даже большія гири не опускаясь.

167. Впрочемъ, давленія, производимыя жидкостію на собственныя части и на стѣны сосуда не вездѣ должны быть одинаковы. Ежели раздѣлить массу жидкости на горизонтальные слои, то нижніе слои будутъ давимы середними, верхними и воздухомъ; слои средніе давимы будутъ верхними и воздухомъ; а верхній слой будетъ терпѣть давленіе только отъ одного воздуха. Вообще, *чѣмъ глубже находятся части жидкости, тѣмъ онѣ большее терпятъ давленіе.* Законъ сей очевиденъ, и не требуетъ подтвержденія опытами.

168. Но *давленіе на части жидкости, лежащія въ одномъ и томъ же горизонтальномъ сѣченіи, всегда бываютъ одинаковы, какова бы форма сосуда ни была.* Наполнимъ водою сосудъ AB*b* (фиг. 78) до высоты *b*, и представимъ себѣ, что столбикъ *ab* воды продолженъ до горизонтальнаго сѣченія *mn*; тогда откроется что плоскость *cd* будетъ терпѣть давленіе, равное вѣсу столба *cdb* воды надъ нею опирающагося. А какъ давленіе столбика *ab* передается во всѣ стороны и безъ потери, то площадь *de* равная *cd* будетъ терпѣть давленіе равное вѣсу столба *ab* + вѣсу столбика *adeo*; слѣдственно все давленіе на оную таково, какъ бы опирался на нее столбъ воды *bdee'*, которому основаніемъ служитъ *de*, а высота равна разстоянію сего основанія до открытой поверхности жидкости. Такимъ же образомъ найдемъ, что площади *mp* = *qn* = *cd* терпятъ такія давленія, какъ будтобы надъ ними стояли столбы воды *mpp'*M, *nqq'*N, и т. д. И вообще, въ горизонт. сѣченіи *mn*, всякая частичка *p* терпитъ давленіе, равное вѣсу вертикальной нити *pp'* жидкости,

надъ нею воображаемой, и простирающейся до открытой поверхности MbN (*).

Изъ сего слѣдуетъ, что на все горизонт. сѣченіе mn давитъ вѣсъ вертикальнаго столба mnMN жидкости, коему основаніемъ служитъ оное сѣченіе, а высота $= bd$. А *на горозонтальное дно* AB *сосуда происходитъ давленіе равное вѣсу столба* ABNM *жидкости, коему основаніемъ служитъ сіе дно, а высотою разстояніе* h *сего дна до открытой поверхности* MN, то есть

$$AB.hp;\ (^{**}).$$

гдѣ AB.h изображаетъ геометрическій объемъ столба ABMN жидкости; h его высота, p относительный вѣсъ.

169. Изъ сего видно, что *давленіе спокойной жидкости на горизонтальное дно, и вообще на горизон. плоскость, зависитъ отъ величины оной плоскости, отъ высоты стоянія надъ нею жидкости, и отъ относительнаго вѣса жидкости, а не отъ количества оной.* Такимъ образомъ, ежели три сосуда ABCD, ABEF, ABGH (ф. 80) имѣютъ одинакія основанія AB, и будутъ налиты до

(*) Хотя частичка p и со всѣхъ прочихъ сторонъ побуждается такими же давленіями : но изъ всѣхъ оныхъ давленій какое нибудь одно только надлежитъ принимать за силу, сдавливающую частичку p; прочія же давленія служатъ только точками опоры, непозволяющими оной частицѣ ускользнуть ни въ ту ни въ другую сторону.

(**) Полагая AB $=$ 6 квадр. дюйм., $h = 3{,}5$ фута, $p = 13{,}6$ (ежели употребляемая жидкость будетъ ртуть); то, приведя 3,5 фута въ 62 дюйма, найдется давленіе на дно AB

$$AB.h.p = 6.62.13{,}6 = 5059{,}2 \text{ кубич. дюм. воды}$$

Но какъ 1 куб. дюймъ воды $= 3{,}84$ золотника, то $5059{,}2 \times 3{,}84 = 5{,}0592$ пудовъ.

одинакой высоты *h* водою, которой относительный вѣсъ означимъ буквою *p*; то получится

давленіе на дно AB сосуда ABCD, $= AB \cdot h \cdot p$,
— — AB — ABEF, $= AB \cdot h \cdot p$,
— — AB — ABGH, $= AB \cdot h \cdot p$,

кои очевидно равны между собою. Количество же воды въ оныхъ сосудахъ весьма различно: на прим. первый сосудъ можетъ содержать въ себѣ въ 20 разъ болѣе, нежели третій. Сей загадочной выводъ совершенно подтверждается слѣдующимъ опытомъ. Для сего употребляется теперь приборъ, состоящій изъ широкой трубки *pq*, сообщающейся внизу съ изогнутою узкою трубкою *bcd*, а вверху имѣющей мѣдную оправу *aa*, къ которой можно привинчивать сосуды различной вмѣстимости и формы. (фиг 81) Въ трубку *pq* наливается ртути, на прим. до *aa*, а сверху навинчивается сосудъ *amn*, и наполняется водою до *mn*. Давленіемъ сей воды ртуть понизится въ трубкѣ *pq*, а въ рукавѣ *cd* поднимется. Замѣтимъ высоту *gh* стоянія воды, и точку *d* возвышенія ртути; потомъ опорожнимъ сосудъ *amn*, отнимемъ его прочь, а намѣсто его привинтимъ другой сосудъ *ax*, и повторимъ тотъ же опытъ. Когда сосудъ *ax* будетъ налитъ водою до высоты *mnh*, ртуть давленіемъ ея поднимется въ рукавѣ *cd* ни болѣе ни менѣе какъ до точки *d*, замѣченной въ прежнемъ опытѣ. И такъ на поверхность ртути происходитъ одинакое давленіе, будетъ ли надъ нею находиться количество воды *amn* или *axa*, лишъ бы высота стоянія воды надъ ртутью въ обоихъ случаяхъ оставалась одна и таже.

Слѣдственно, при разсматриваніи жидкостей, *надлежитъ съ большимъ вниманіемъ различать ихъ вѣсъ отъ*

ихъ давленій. Въ сосудѣ *amn* можетъ помѣститься количество воды въ 20 разъ большее, нежели въ сосудѣ *ax*; давленіе же ихъ на дно *pq* въ обоихъ одинаково.

Теперь очевидно, что малымъ количествомъ воды можно производить большое давленіе, и преодолѣвать большія сопротивленія. На примѣръ, еслибы мы хотѣли, чтобы 2 фунта воды производили давленіе равное 100 фунтамъ оной, то возмемъ сосудъ весьма плоскій съ широкимъ дномъ *ab* (фиг. 80), вставимъ въ него длинную вертикальную трубку *ef*, такъ чтобы 2 фунтами воды можно было наполнить и сосудъ и всю трубку: тогда дно *ab* сосуда будетъ терпѣть давленіе столба *abcd* воды, котораго вѣсъ можетъ быть и болѣе 100 фунтовъ. Но въономъ сосудѣ будетъ происходить давленіе и на верхнее дно *mn*, равное вѣсу цилиндра воды *mncd*.

170. *Давленіе жидкости на наклонное дно, или вообще на какую ни есть поверхность* AB (фиг. 83), *равняется вѣсу такой призмы жидкости, у коей основаніемъ служитъ оная поверхность, а высотою разстояніе h центра тяжести сей поверхности до открытой поверхности жидкости;* то есть

$$AB \cdot h \cdot p.$$

Сей общій законъ со всею строгостію выводится только посредствомъ математическаго анализа.

Какъ давленіе $AB.h.p$ не зависитъ отъ угла наклоненія поверхности AB съ горизонтомъ, то слѣдуетъ, что ежели сія поверхность (или плоскость), находясь внутри жидкости, будетъ поворачиваться около своего центра тяжести O, не выходя изъ оной, то давленіе на нее останется одно и тоже, предполагая что центръ O неперемѣняетъ своего разстоянія *h*

(фиг. 84). — Слѣдственно, давленіе останется тоже, когда плоскость AB приметъ и положеніе вертикальное. — По сему говорятъ, что на дно кубическаго сосуда, наполненнаго водою, и стоящаго на горизонт. плоскости, происходитъ вдвое большее давленіе, нежели на его бокъ; ибо разстояніе центра тяжести боковаго квадрата до поверхности воды вдвое менѣе разстоянія горизонтальнаго дна до сей же поверхности.

171. Давленіе на части дна и боковъ сосуда равны только вѣсу тѣхъ столбовъ жидкости, кои при нихъ оканчиваются, но вовся независитъ отъ прочей массы оной. Такимъ образомъ на часть ab дна (фиг. 85) давитъ только вѣсъ столба $abcd$. Давленіе на часть mn бока равняется вѣсу столба жидкости, коему основаніемъ служитъ mn, а высота op равна разстоянію центра o тяжести сей плоскости до поверхности pq, или

$$mn \cdot op \cdot p,$$

гдѣ p есть вѣсъ жидкости въ единицѣ объема. Сіе выраженіе показываетъ, что *давленія на равныя элементы боковой плоскости сосуда пропорціональны возвышенію надъ ними жидкости.*

172. *Центромъ давленія* на данный бокъ сосуда, наполненнаго жидкостью, называется такая точка онаго бока, около которой всѣ давленія на него производимыя взаимно уравновѣшиваются. Еслибы давленія, производимыя на разныя точки онаго бока, были равны между собою, то центръ давленія соупадалъ бы съ центромъ тяжести онаго же бока. Но какъ давленія увеличиваются съ разстояніемъ отъ поверхности жидкости, то центръ давленія всегда бываетъ ниже центра тяжести. Сія точка вообще опредѣляется только посредствомъ вычисленія, изъ коего найдено, что

центръ давленія на прямоугольную плоскость, которой одинъ бокъ лежитъ въ поверхности воды, находится на $\frac{2}{3}$ линіи соединяющей средніе точки горизонтальныхъ основаній, и проч (*). Изъ сего слѣдуетъ, что когда жидкость заключается въ цилиндрическомъ сосудѣ, то линія, содержащая центры давленія, образуетъ кругъ, отстоящій отъ поверхности жидкости на $\frac{2}{3}$ высоты оной жидкости.

Познаніе совершенной величины давленій и положенія центровъ давленія руководствуетъ къ познанію выгоднаго устроенія плотинъ, шлюзовъ, водоемовъ, трубъ служащихъ для содержанія воды, и проч.

173. *Ежели нѣсколько сосудовъ сообщаются между собою посредствомъ трубокъ, то, въ какомъ бы положеніи они ни находились, и какой бы ни были вмѣстимости, всегда жидкость вливаемая въ одинъ изъ нихъ не прежде приходитъ въ равновѣсіе, какъ наполнивъ всѣ сосуды до одинакой высоты.* На примѣръ, ежели двѣ трубы A, B, (фиг. 87) сообщаются между собою трубкою CD; то вода, налитая въ трубу A, производя давленіе на части своего нижняго слоя, заставитъ оныя войти въ трубку CD; а производя давленіе вверхъ, заставитъ оныя подниматься вверхъ по трубѣ B, пока въ обѣихъ

(*) Ежели ABCD (фиг. 86) есть наклонная стѣна сосуда, имѣющая видъ трапеціи, у которой AB ⋕ CD; HH $= l =$ высота ея, EF линія, раздѣляющая стороны параллельныя пополамъ; то, полагая AB $= m$, CD $= n$, и означая чрезъ x искомое разстояніе EO центра давленія, находятъ по вычисленію

$$x = \frac{l(m+3n)}{2(m+2n)}.$$

Полагая $m = n$, будетъ $x = \frac{2}{3}l$.

трубахъ остановится на одинакой высотѣ pq. Для вывода сего закона вообразимъ въ трубкѣ CD вертикал. сѣченіе mn, и назовемъ буквами h, h' высоты жидкости въ сосудахъ A, B, щитаемыя отъ центра онаго сѣченія: то на mn жидкость сосуда A будетъ производить давленіе $= mn.h'.p$; а жидкость сосуда B будетъ производить давленіе $= mn.h.p$. Для равновѣсія нужно, чтобы сіи давленія были равны, т. е.

$$mn.h.p = mn.h'.p, \text{ или } h = h'.$$

174. Законъ сей объясняетъ намъ распредѣленіе водъ, находящихся на земной поверхности и внутри коры земной, и появленіе ихъ на земную поверхность, также происхожденіе источниковъ, обыкновенныхъ и сверленыхъ колодезей, и проч. Наблюденіе Геологовъ показываютъ, что твердая кора земли состоитъ частію изъ массъ каменныхъ и глиняныхъ непроницаемыхъ водою, частію изъ ноздреватыхъ и скважистыхъ камней, песковъ, и вообще рыхлыхъ землистыхъ веществъ, лежащихъ однѣ надъ другими или параллельными пластами или слоями изогнутыми или массами безпорядочно набросанными. Сіи пласты могутъ сообщаться съ поверхностію земли или посредствомъ трещинъ, или посредствомъ рыхлыхъ слоевъ песка или иныхъ землистыхъ веществъ, удобно пропускающихъ воду, и потомъ могутъ принимать въ себя воду, падающую на поверхность земли въ видѣ дождей, росы, или происходящую отъ таянія снѣговъ. Вода сія собирается сначала въ различныхъ углубленіяхъ земной поверхности: а какъ наибольшее количество дождей и снѣговъ падаетъ въ гористыхъ странахъ, то и скопленіе водъ наибольшее должно быть въ горныхъ яминахъ и ложбинахъ. Изъ сихъ первыхъ вмѣстилищъ она посредствомъ тре-

щинъ каменныхъ пластовъ или посредствомъ песка и рыхлой земли, опускается постепенно ниже, и разпредѣляется во всѣ стороны, гдѣ только проходить можетъ. Ежели она встрѣчаетъ непроницаемые пласты глины или каменныя породы, не имѣющія трещинъ, тогда она подобными же путями начинаетъ подниматься вверхъ, и стремится во всѣхъ мѣстахъ стать на одной высотѣ. Такимъ об. во многихъ мѣстахъ она пробирается до поверхности земли, и образуетъ индѣ болота, топи, озера; индѣ производитъ ключи и источники, а индѣ естественные фонтаны, и проч. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ находятся непрерывные слои веществъ, лежащихъ одинъ на другомъ, и попеременно проницаемыхъ и непроницаемыхъ водою, (на пр. слои мѣла песка и глины), тамъ въ слоѣ промежуточномъ песка можетъ собираться большое количество воды, доставляемое отъ естественныхъ водовмѣстилищъ весьма отдаленныхъ и весьма возвышенныхъ надъ тою поверхностію земли, подъ коею оно скопилось. Тогда, ежели отъ поверхности земли просверлить колодезь до самыхъ оныхъ слоевъ, то подземныя воды поднимутся въ немъ до горизонта ихъ начальнаго водоема, и могутъ даже выбрасываться въ видѣ фонтана. Такіе колодези называются Артезійскими отъ имени Французской провинціи Д'Артуа, въ которой первоначально замѣчено было существованіе оныхъ подземныхъ сообщеній. По причинѣ непрерывности геологическаго сообщенія большей части Европы, вездѣ можно получать подобныя воды, просверливая землю до слоевъ углекислой извести, вездѣ гдѣ она бываетъ покрыта толстымъ слоемъ глины, достаточнымъ для предохраненія воды отъ испаренія и отъ прохожденія въ другія стороны. Чи-

стота составляетъ существенное отличіе оныхъ водъ.

175. *Волосныя явленія.* — Вышепоказанный законъ равновѣсія однородной жидкости въ сосудахъ сообщающихся подтверждается на опытѣ совершенно точно, когда употребленные сосуды будутъ значительнаго діаметра. Но законъ сей замѣчательнымъ образомъ измѣняется отъ дѣйствія силы сцѣпленія жидкости къ стѣнкамъ сосудовъ, когда они имѣютъ весьма малый внутренній діаметръ. Напримѣръ, ежели сосудъ A (фиг. 88) сообщается съ весьма узкою трубкою ff', и ежели въ него налить жидкости до высоты M, то сія жидкость въ трубкѣ ff' не будетъ стоять на тойже высотѣ MN, но либо поднимется до f, либо понизится до f', смотря потому будетъ ли жидкость способна намачивать сосудъ или нѣтъ. Сіе явленіе происходитъ не только въ ономъ случаѣ, но и вообще при погруженіи весьма узкихъ трубокъ въ различныя жидкости, при погруженіи двухъ параллельныхъ пластинокъ имѣющихъ между собою весьма малый промежутокъ, или двухъ какихъ ни есть поверхностей, имѣющихъ между собою подобное же разстояніе.

Ежели узкую стеклянную трубку станемъ опускать вертикально въ воду, то вода, притягиваясь ея стѣнками, поднимается по трубкѣ выше поверхности ея въ сосудѣ; еслиже стеклянную трубку опускать вертикально въ ртуть, то ртуть будетъ въ ней стоять ниже, нежели въ сосудѣ содержащемъ оную. Въ первомъ случаѣ столбикъ воды внутри трубки оканчивается сверху *шаровидною вогнутостію*; а во второмъ случаѣ, столбикъ ртути — *шаровидною выпуклостію.*— Если погрузить въ воду двѣ параллельныя пластинки,

имѣющія между собою узкій промежутокъ, то вода между ими также поднимается, и оканчивается сверху вогнутою поверхностію полуцилиндра, коего ось горизонтальна, и коего діаметръ примѣнно равенъ разстоянію между пластинками. Совершенно противное сему происходитъ при погруженіи оныхъ пластинокъ въ ртуть. — Всѣ такого рода явленія называются *волосными явленіями*; узкія же трубки, въ коихъ онѣ происходятъ, называются *волосными трубками* (tubes capillaires).

Законы равновѣсія жидкостей въ волосныхъ пространствахъ весьма важны для изъясненія многихъ естественныхъ явленій, а въ особенности по своей теоріи, выведенной знаменитымъ *Лапласомъ*, которая строжайшимъ образомъ согласуется со всѣми подробностями выводимыми изъ наблюденій.

176. Точныя измѣренія возвышенія и пониженія жидкостей въ волосныхъ пространствахъ показали, что 1) *въ цилиндрическихъ волосныхъ трубкахъ сіи возвышенія и пониженія обратно пропорціональны діаметрамъ трубокъ*; 2) что *между двумя параллельными пластинками возвышенія или пониженія жидкости находятся въ обратномъ отношеніи разстояній ихъ.* И вообще, чѣмъ уже волосное пространство, тѣмъ больше происходитъ какъ возвышеніе, такъ и пониженіе. 3) Въ цилиндрической трубкѣ жидкость одна и таже возвышается или понижается вдвое болѣе, нежели между двумя параллельными пластинками, у коихъ разстояніе равно поперечнику трубки. 4) Явленія сіи происходятъ одинакимъ образомъ какъ въ воздухѣ такъ и въ пустотѣ, слѣдовательно не зависятъ отъ вліянія воздуха. 5) Онѣ имѣютъ необходимую связь съ притяженіемъ жидкостей

къ стѣнкамъ трубокъ, и съ видомъ поверхности, какую принимаетъ жидкость внутри волосиаго пространства. Жидкость поднимается въ волосной трубкѣ только тогда, когда ея поверхность внутри оной трубки будетъ вогнутая, то есть, когда жидкость притягивается къ стѣнкамъ трубки сильнѣе, нежели къ собственной массѣ. Но всякой разъ жидкость опускается въ трубкѣ, когда ея столбикъ внутри трубки оканчивается выпуклостію; или когда жидкость притягивается сама къ себѣ сильнѣе, нежели къ трубкѣ. Но подниманія и опусканія не происходитъ, когда жидкость внутри трубки имѣетъ горизонтальную поверхность. Изъ сего видно, что причина сихъ явленій заключается въ дѣйствіи жидкостей самихъ на себя и въ дѣйствіи на нихъ вещества трубокъ. Но сіи дѣйствія не должны зависѣть отъ толстоты трубокъ, ибо примѣтное дѣйствіе частицъ оказывается на разстояніяхъ чрезвычайно малыхъ. И дѣйствительно, одна и таже жидкость въ тонкой и толстой трубкѣ поднимается или опускается одинаково, лишь бы ихъ внутренніе діаметры были одинаковы. 6) *Явленія сіи зависятъ однакоже отъ природы и плотности жидкостей.* Такимъ образомъ въ стеклянной трубкѣ вода поднимается выше, нежели масло или винной спиртъ, какъ видно изъ слѣдующихъ наблюденій *Гей-Люсака*:

Діаметры трубокъ въ миллиметрахъ.	Возвышеніе въ миллим.		Температура жидкостей.
	Воды.	Виннаго спирта, коего плотность = 0,820.	
1,294	23,163	9,182	8°,5 Ц. т.
1,904	15,586	6,084	

177. *Изъясненіе оныхъ явленій.* — Когда стеклянная волосная трубка А (фиг. 89) погружается вертикально

въ ртуть, то ртуть, притягиваясь сильнѣе сама къ себѣ, нежели къ стеклу, отклоняется отъ стѣнъ трубки, и получаетъ поверхность выпуклую, почти равную полушару, діаметръ коего равенъ діаметру трубки. Выпуклость оной поверхности производитъ то, что частички ртути тотчасъ получаютъ стремленіе опускаться внизъ. А чтобъ получить понятіе объ оной силѣ, возмемъ на выпуклой поверхности ртути три частички x, a, b, находящіяся на разстояніяхъ $ax = bx =$ радіусу примѣтнаго притяженія; то откроется, что частички a и b сообщаютъ частицѣ x побужденіе внизъ, равное діагонали xf параллелограма. При чемъ будетъ

$$xa^2 = D \cdot \tfrac{1}{2} xf,$$

полагая, что $D =$ діаметру трубки A.

Для другой трубки B, опущенной въ ртуть, и имѣющей діаметръ D', сила, побуждающая частичку x', будетъ $x'f'$ (взявъ также на выпуклой поверхности ртути три частички x', a', b', на разстояніяхъ $a'x' = b'x' = ax = bx$); слѣдственно

$$x'a'^2 = D' \cdot \tfrac{1}{2} x'f'.$$

Но какъ $xa = x'a'$, то

$$D \cdot \tfrac{1}{2} xf = D' \cdot \tfrac{1}{2} x'b'; \text{ откуда}$$

$$xf : x'f' = D' : D,$$

то есть, *силы побуждающія частички* x, x', *въ цилиндрическихъ волосныхъ трубкахъ, суть обратно пропорціональны діаметрамъ оныхъ.*

Ежели теперь въ обѣихъ трубкахъ и въ свободной ртути возмемъ три вертикальныхъ тончайшихъ столбика nx, kl, $n'x'$, равныхъ діаметровъ, и сообщающихся между собою горизонтальнымъ каналомъ nn'; назовемъ вѣсы оныхъ столбиковъ буквами p', p, p''; а силы,

стремящіяся понижать столбики $nx, n'x'$, буквами f, f'; то для равновѣсія нужно, чтобы было

$$p = p' + f,\ p = p'' + f',\ \text{или}$$
$$p - p' : p - p'' = f : f',\ \text{или}$$
$$cl : c'l = f : f' = D' : D;$$

слѣдственно пониженія cl, $c'l$ ртути въ волосныхъ трубкахъ суть обратно пропорціональны діаметрамъ оныхъ трубокъ. Законъ сей однакоже точенъ только тогда, когда жидкость въ трубкѣ точно имѣетъ шаровидную выпуклость : но съ измѣненіемъ шаровидной кривизны, силы f, f' также измѣнятся.

Когда стеклянная цилиндрическая волосная трубка погружается въ воду, то при самомъ ея прикосновеніи, вода, притягиваясь къ внутреннимъ стѣнкамъ сильнѣе, нежели къ собственной массѣ, образуетъ вогнутую примѣтно шаровую поверхность, которой діаметръ равенъ діаметру трубки Каждая частичка поднятой жидкости $mnts$ (фиг. 90) стремится притягивать къ себѣ частички воды ниже стоящія, и тѣмъ самымъ уменьшаетъ весь вѣсъ столбика воды внутри трубки. Не трудно увѣриться, что каждая частичка поверхности mxs побуждается вверхъ силою, обратно-пропорціональною діаметру трубки. — Въ самомъ дѣлѣ, на вогнутой поверхности mxs возмемъ три частички x, a, b, на разстояніяхъ $ax = bx =$ радіусу примѣтнаго притяженія; то найдется, что частичка x побуждается вверхъ частицами a, b, съ силою xf; причемъ $ax^2 = D.\frac{1}{2}xf$.

Для другой волосной трубки, опущенной въ воду, нашли бы также $a'x'^2 = D'.\frac{1}{2}x'f'$; гдѣ D, D' суть діаметры трубокъ; xf, $x'f'$ суть силы, побуждающія вверхъ частички x, x'. И какъ $ax = a'x'$, то

$$xf : x'f' = D' : D;$$

слѣдственно, *силы стремящіяся поднимать частички* x, x', *суть обратно пропорціональны діаметрамъ трубокъ*, и проч. (*).

Сія теорія подтверждается весьма хорошо слѣдующимъ опытомъ. Возмемъ двѣ трубки, сообщающіяся между собою, изъ коихъ одна длинная AB, а другая короткая C (фиг. 91) оканчивающаяся волосною трубочкою ab, и будемъ въ трубку AB наливать воды: то, пока вода будетъ находиться въ широкихъ трубкахъ, она въ обѣихъ будетъ стоять на одинакой высотѣ; но какъ скоро вода поднимется до волоснаго отверстія b, то начнетъ восходить въ трубочкѣ ba выше поверхности ея AB. Продолжая вливать воду до тѣхъ поръ, пока она достигнетъ до a, увидимъ, что сія жидкость не будетъ выливаться изъ трубочки ba; но, по мѣрѣ прибавленія воды, поверхность ея при a будетъ становиться плоскою.

Когда при a поверхность сдѣлается совершенно плоскою, то вода опять въ обѣихъ трубкахъ будетъ стоять на одинакой высотѣ. Прибавляя воды въ AB мы далѣе замѣтимъ, что при a поверхность будетъ дѣлаться выпуклою болѣе и болѣе; и когда она сдѣлается сферическою, то вода поднимется до r. Ежели t будетъ возвышеніе воды въ томъ случаѣ, когда поверхность при a была сферическая вогнутая, то rt будетъ $= 2a't$.

Дѣйствіемъ волосности изъясняется возхожденіе

(*) Подробное изложеніе теоріи волосности см. Traité élément. de phys. par E. Péclet, 2-e éd. T. I, pag. 181.

воды и другихъ жидкостей во многихъ пористыя тѣла: на прим. подниманіе воды въ сахарѣ, находящемся съ нею только въ соприкосновеніи; подниманіе влажности по стѣнамъ нижнихъ этажей, дѣйствіе пропускной бумаги, подниманіе масла въ свѣтильняхъ; происхожденіе дендритовъ въ минераллахъ, возхожденіе соковъ въ растеніяхъ, и проч.

В. О равновѣсіи и давленіи разнородныхъ жидкостей.

177. Ежели нѣсколько разнородныхъ жидкостей (не соединяющихся химически) будутъ налиты въ одинъ сосудъ, то приходя къ равновѣсію онѣ располагаются горизонтальными слоями по порядку ихъ относительныхъ вѣсовъ, такъ что тяжелѣйшія составляютъ слои нижніе, а легчайшія — верхніе. Расположеніе по относительному ихъ вѣсу зависитъ отъ того, что капли разнородныхъ жидкостей, при одинакой величинѣ имѣютъ различный вѣсъ и неравное производятъ давленіе другъ на друга: посему, ежели капли жидкости легчайшей попадутся между каплями тяжелѣйшей, то сіи послѣднія будутъ ихъ вытѣснять, и заставятъ подняться вверхъ. Напримѣръ, ежели въ скляночку налить крѣпкаго раствора поташа, виннаго спирта и терпентиннаго масла, и, заткнувши оную по трясти, то сіи жидкости между собою смѣшаются; оставивъ оную смѣсь въ покоѣ, мы увидимъ, что жидкости раздѣлятся горизонтальными слоями; терпентинное масло поднимется вверхъ, а растворъ поташа опустится внизъ.

На семъ свойствѣ жидкостей основывается устроеніе *ватерпаса* съ воздушнымъ пузырькомъ, служащаго для установленія данной плоскости въ горизонтальномъ

положеніи также собираніе и перепусканіе газовъ въ сосуды, наполняемыя водою или ртутью, и проч.

179. *Давленіе разнородныхъ жидкостей на дно сосуда опредѣляется суммою давленій всѣхъ оныхъ жидкостей.* На примѣръ ежели въ сосудѣ $ABa''b''$ (фиг. 92) находится слой $abAB$ ртути, слой $aba'b'$ воды, и слой $a'b'a''b''$ масла; h, h', h'', высоты оныхъ слоевъ; p, p', p'' ихъ относительные вѣсы; то давленіе всѣхъ оныхъ жидкостей на дно AB будетъ

$$AB.h.p + AB.h'.p' + AB.h''.p''.$$

180. *Если двѣ разнородныя жидкости находятся въ сосудахъ, имѣющихъ между собою сообщеніе, то, во время равновѣсія, высоты ихъ бываютъ обратно пропорціональны ихъ относительнымъ вѣсамъ.* Наприм. ежели въ двѣ трубки (фиг. 93) сообщающіяся налить сперва ртути *abcmn*, а потомъ воды *mnp*; то, во время равновѣсія, столбъ *abrs*, стоящій выше плоскости прикосновенія *mn* жидкостей, будетъ почти въ 14 разъ короче столба воды *mnp*; потому что ртуть почти въ 14 разъ тяжелѣе воды. И въ самомъ дѣлѣ, означивъ чрезъ h высоту *as* столба ртути, и чрезъ h' высоту столба воды, чрезъ p, p', относительные вѣсы ртути и воды, получимъ давленіе ртути на плоскость *mn* взаимнаго прикосновенія жидкостей $= mn.h.p$; а давленіе воды на туже плоскость *mn* будетъ $= mn.h'.p'$. Во время равновѣсія оныя давленія должны быть равны между собою,

$$mn.h.p = mn.h'.p'; \text{ откуда}$$
$$h : h' = p' : p.$$

Законъ сей показанъ въ первый разъ *Боилемъ*, и подаетъ хорошее средство находить относительный вѣсъ жидкостей, несмѣшивающихся съ водою. Для сего

надлежитъ измѣрить высоты h, h', и принять за единицу относит. вѣсъ p' воды; тогда найдется

$$p = \frac{h}{h'}.$$

Наприм. ежели $h = 68$ линій, $h' = 5$ линій, то

$$p = \tfrac{68}{5} = 13,6;$$

таковъ относ. вѣсъ ртути.

C. О равновѣсіи жидкостей съ твердыми тѣлами, въ нихъ погружаемыми.

181. Всякое твердое тѣло, погружаясь въ жидкость, производитъ на нее давленіе вѣсомъ своимъ; а жидкость обратно давитъ со всѣхъ сторонъ на тѣло въ нее погруженное. При семъ замѣчается, что тѣла относительно тяжелѣйшія жидкости, утопаютъ въ оной; другія тѣла плаваютъ въ оной, гдѣбы ни были поставлены; а тѣла, относительно легчайшія жидкости, всегда всплываютъ на ея поверхность. Изъ сего уже видно, что всякое тѣло, при погруженіи въ жидкость, должно терять часть своего вѣса.

Разсужденіемъ и опытомъ удостовѣриться можно, что *всякое твердое тѣло, погруженное въ жидкость, теряетъ столько вѣса, сколько вѣситъ вытѣсненная имъ жидкость.* Когда тѣло M (фиг. 94) погружено въ жидкость, то на него происходятъ давленія со всѣхъ сторонъ. При семъ горизонтальныя давленія на бока AD, BC, будучи равны и противо-положны, взаимно уравновѣшиваются. Въ вертикальномъ же направленіи на оное тѣло снизу давитъ вѣсъ столба жидкости CDEF, а сверху давитъ вѣсъ столба ABEF. Какъ сіи давленія противоположны, но неравны; то, взявъ разность

вѣсъ жидк. (CDEF — ABEF) = вѣсъ жидк. ABCD,

получаемъ, что на тѣло M происходитъ давленіе снизу вверхъ равное вѣсу жидкости ABCD въ одинаковомъ объемѣ съ онымъ тѣломъ. По сему тѣло и должно терять вѣсу столько, сколько вѣситъ вытѣсненная имъ жидкость.

Законъ сей открытъ *Архимедомъ*, и оправдывается слѣдующимъ опытомъ. Возмемъ два мѣдныхъ цилиндра, одинъ пустой A (фиг. 95), а другой сплошной B такой величины, чтобы онъ могъ входить въ пустой цилиндръ и наполнять оный. Привѣсимъ пустой цилиндръ подъ чашку гидростатическихъ вѣсовъ, а подъ него привѣсимъ сплошной, какъ показываетъ фигура. На другую чашку вѣсовъ положимъ столько гирекъ, чтобъ произошли равновѣсіе. Потомъ опустимъ весь нижній цилиндръ въ сосудъ съ водою : въ сіе время гири P сдѣлаютъ перевѣсъ. Но ежели весь верхній цилиндръ наполнимъ водою, то равновѣсіе опять возстановится. — Перевѣсъ на сторону гирь P доказываетъ, что цилиндръ B, при погруженіи въ воду, потерялъ часть своего вѣса ; а равновѣсіе, возстановленное отъ наполненія водою верхняго цилиндра, показываетъ, что сія потеря равна вѣсу воды, помѣщающейся въ цилиндрѣ A, то есть, вѣсу воды вытѣсненной цилиндромъ B.

182. И такъ на всякое тѣло, погруженное въ жидкость давитъ снизу вверхъ вѣсъ оной жидкости въ равномъ съ нимъ объемѣ. Посему ежели назовемъ чрезъ P вѣсъ тѣла въ пустотѣ, и чрезъ p вѣсъ жидкости въ равномъ съ нимъ объемѣ ; то $P-p$ будетъ вѣсъ тѣла въ оной жидкости. — Очевидно, что ежели $P > p$, то тѣло въ жидкости не весь свой вѣсъ потеряетъ, и остаткомъ вѣса будетъ утопать. — Ежели $P = p$, то тѣло потеряетъ весь свой вѣсъ, и будетъ въ оной

жидкости оставаться въ покоѣ, гдѣбъ нибыло поставлено : таковы конскіе волосы относительно воды; можно также изъ воды и поташа сдѣлать такой растворъ, въ которомъ свѣжее яйцо будетъ плавать въ серединѣ, не утопая и не поднимаясь. — Ежели $P < p$, то давленіе жидкости снизу вверхъ не только преодолѣетъ вѣсъ тѣла, но заставитъ оное подниматься или всплывать вверхъ, и погрузиться въ жидкости только частію своего объема. При семъ *тѣло вытѣснитъ столько жидкости, сколько само вѣситъ.* Ибо плавающее тѣло x (фиг. 96) производитъ съ жидкостію такое же равновѣсіе, какое производилабы масса оной жидкости yzu : слѣдовательно вѣсъ тѣла x равенъ вѣсу жидкости въ объемѣ yzu.

183. Два тѣла одинакаго вѣса, но различной плотности, будучи погружены въ одну жидкость, теряютъ различное количество вѣсу. Ибо ихъ потери будутъ относиться въ прямомъ содержаніи ихъ объемовъ, слѣдственно въ обратномъ содержаніи ихъ плотностей.

184. Одно и тоже тѣло, утопающее въ различныхъ жидкостяхъ, теряетъ въ нихъ различное количество вѣса. Оно теряетъ болѣе вѣса въ жидкости плотнѣйшей, нежели въ рѣдчайшей, такъ что сіи *потери бываютъ прямо пропорціональны плотностямъ жидкостей.* На пр. кусокъ стекла потеряетъ вѣса болѣе въ водѣ нежели въ винномъ спиртѣ; потому что вода имѣетъ вѣсъ болѣе вѣса спирта въ одинакомъ объемѣ; а слѣдственно, и проч.

185. Ежели твердое довольно легкое тѣло будемъ погружать въ разныя жидкости, въ коихъ оно утопать не можетъ, то *оно большею частію своего объема погрузится въ той жидкости, которой плотность менѣе.*

Ибо чѣмъ жидкость рѣже, тѣмъ одно и тоже тѣло можетъ болѣе вытѣснить оной и погрузиться ниже. Отъ сего-то желѣзо плаваетъ на ртути, но утопаетъ въ водѣ; воскъ, сало плаваютъ по водѣ, а утопаютъ въ винномъ спиртѣ; свѣжее яйцо плаваетъ въ соленомъ растворѣ, но въ чистой водѣ утопаетъ. Отъ сего же судно весьма тяжело нагруженное можетъ безопасно плавать по морю, но можетъ утонуть вступая въ рѣку. Нѣкоторыя тѣла плаваютъ въ холодной водѣ, но утопаютъ въ горячей.

186. *Плаваніе тѣлъ.* — Опытъ удостовѣряетъ, что тѣло, коего центръ тяжести находится ниже поверхности жидкости, не во всѣхъ положеніяхъ можетъ въ оной плавать устойчиво. Хотябы оное тѣло мы и погрузили до надлѣжащей глубины, оно всегда поворачивается въ жидкости внизъ опредѣленною стороною, и, качаясь около оной, приходитъ въ равновѣсіе. Чтобы видѣть сему причину, надлежитъ принять въ разсмотрѣніе двѣ точки: 1) центръ тяжести погружаемаго тѣла, въ коемъ весь его вѣсъ можно щитать сосредоточеннымъ; 2) центръ тяжести вытѣсненной массы жидкости, въ коемъ сосредоточивается все давленіе, стремящееся поднимать оное тѣло. Первая изъ оныхъ точекъ всегда остается на одномъ мѣстѣ въ тѣлѣ; вторая же перемѣняетъ свое положеніе, смотря потому, какою стороною тѣло въ жидкость погружается, и какой формы объемъ жидкости стремится вытѣснить. Ежели сіи двѣ точки находятся на одной вертикальной линіи, то тѣло не можетъ въ семъ положеніи плавать; ибо оно въ семъ случаѣ побуждается двумя силами равными, параллель-

выми, но не прямо противоположными. Чтобы тѣло могло плавать устойчиво, для сего нужно ему имѣть такое положеніе, при которомъ бы центръ его и центръ тяжести вытѣсненной жидкости находились на одной вертикальной прямой, и при томъ первый ниже послѣдняго Въ сіе-то положеніе тѣло приходитъ всегда само собою послѣ нѣсколькихъ качаній. — Тѣло плаваетъ тѣмъ устойчивѣе, чѣмъ ниже находится его центръ тяжести; въ семъ случаѣ оно можетъ терпѣть сильныя колебанія, не выходя изъ предѣловъ устойчивости. Всѣ сіи условія стараются выполнять точно при нагруженіи судовъ. Когда корабль, отправляющійся въ море, бываетъ мало нагруженъ, то, для большей безопасности, кладутъ въ него балласту, чтобы понизить его центръ тяжести, и сообщить ему болѣе устойчивости.

187. Всякое тѣло ABCD (фиг. 97) легчайшее воды погружается въ оную только частію своего объема CDmn. Ежели на оное тѣло будемъ налагать вѣсу, то оно будетъ постепенно болѣе погружаться, и все еще можетъ плавать, поддерживая на себѣ оный грузъ. Нетрудно угадать, сколько оно можетъ поддержать на себѣ вѣсу, когда погрузится до AB. Оно тогда будетъ поддерживать столько вѣса P, сколько вѣситъ вода въ объемѣ ABmn части тѣла, внѣ воды находящейся. Ибо, при совершенномъ погруженіи до AB, будетъ

вѣсъ P + вѣсъ тѣла ABCD = вѣсу воды ABCD

= вѣс. воды (CDmn+ABmn);

но вѣсъ тѣла ABCD = вѣсу воды CDmn, посему

P = вѣсу воды ABmn.

Ежели изъ тѣла ABCD вынуть часть его массы ABSR, такъ чтобы оно сдѣлалось въ видѣ сосуда или

судна; что оно, при совершенномъ погруженіи, можетъ на себѣ поддерживать вѣсъ

P' = вѣсу воды $ABmn$ + вѣсъ массы тѣла $ABSR$.

188. Должно замѣтить, что и всякое тяжелое тѣло можно заставить плавать на поверхности воды или иной жидкости, надлежитъ только ему при томъ же вѣсѣ дать бо́льшій объемъ. Ибо, увеличивая объемъ тѣла, мы заставляемъ оное вытѣснять бо́льшую массу жидкости; тѣло перестаетъ утопать, когда получитъ такой объемъ, что для совершеннаго своего погруженія должно бы было вытѣснить воды болѣе, нежели сколько само вѣситъ. По сей-то причинѣ глиняные кувшины, стеклянные стаканы, и вообще всякаго рода сосуды, имѣющіе большую вмѣстимость, удобно плаваютъ по поверхности воды, пока сія послѣдняя въ нихъ не зальется.

На всѣхъ оныхъ замѣчаніяхъ основывается устроеніе паромовъ, понтоновъ, судовъ, и проч.

189. *Простые Ареометры.* — Строеніе простыхъ ареометровъ или волчковъ основывается на томъ законѣ, что плавающее тѣло тѣмъ менѣе погружается въ жидкости, чѣмъ сія послѣдняя имѣетъ бо́льшую плотность. А потому сіи орудія употребляются для испытанія густоты различныхъ жидкостей. Обыкновенный ареометръ дѣлается изъ стеклянной или металлической трубочки AB (фиг. 98), на коей выдутъ шарикъ M; подъ симъ шаромъ трубочка продолжается и оканчивается другимъ меньшимъ шарикомъ N. Шаръ M служитъ для того, чтобы сей приборъ не утопалъ въ жидкостяхъ; а въ шарикъ N наливается ртуть, дабы онъ могъ стоять въ жидкости вертикально, и

плавать въ ней устойчиво. Верхняя трубочка раздѣляется на части или градусы.

Простые ареометры бываютъ двухъ видовъ : одни употребляются для испытанія густоты жидкостей относительно плотнѣйшихъ, а другіе для жидкостей относительно рѣдчайшихъ воды. Г. Боме Парижскій химикъ придумалъ два ареометра, имѣющіе весьма большое употребленіе :

Фиг. 98 представляетъ ареометръ для жидкостей плотнѣйшихъ воды, каковы разсолы, сыропы, нѣкоторыя кислоты, и проч. Для его построенія вводятъ въ стеклянную трубочку *m*M полоску бумаги, раздѣленную поперегъ какъ ни есть на части, дабы посредствомъ оной можно было назначить мѣста градусамъ. Потомъ опускаютъ ареометръ въ чистую воду, взятую при температурѣ $18^\circ\frac{3}{4}$ Реом. терм., и вливаютъ въ шарикъ N столько ртути, чтобъ ареометръ погрузился до вершины трубочки и точно до нуля дѣленія, означеннаго на полоскѣ бумаги. Послѣ сего, вынувъ ареометръ, даютъ ему обсохнуть, и снова опускаютъ въ разсолъ сдѣланный изъ 15 частей (по вѣсу) совершенно чистой и сухой поваренной соли, растворенной въ 85 частяхъ чистой воды. Какъ плотность разсола болѣе плотности воды, то ареометръ въ немъ погрузится меньшею частію своего объема, наприм. до *m*. Сію точку замѣчаютъ и ставятъ при ней 15 градусовъ ; потомъ дѣлятъ трубочку между 0° и 15° на 15 равныхъ частей, и наносятъ циркулемъ сіи градусы сверху внизъ обыкновенно до 75. — Ежели сей ареометръ въ другомъ растворѣ поваренной соли погружается до 20°, то надлежитъ заключить, что во 100 частяхъ онаго разсола содержится 20 частей соли.

Впрочемъ, ежели трубочка ареометра не имѣетъ одинакаго наружнаго діаметра, то градусы, назначенные такимъ образ. не будутъ имѣть достаточной точности. Для избѣжанія сего недостатка, Боме совѣтуетъ заготовлять нѣсколько растворовъ поваренной соли, имянно: изъ 5 частей соли и 95 воды, изъ 10 частей соли и 90 воды, изъ 15 частей соли и 85 воды, и т. д.; потомъ опустить ареометръ въ первый растворъ, и получится на немъ 5-й градусъ; опуская во второй разсолъ, получимъ 10-й градусъ; въ третьемъ 15-й градусъ, и т. д. И какъ вода никогда не растворяетъ поваренной соли болѣе $\frac{1}{3}$ (по вѣсу), то и можно симъ способомъ назначить на ареометрѣ 25-й градусъ, который получится, опустивъ ареометръ въ разсолъ изъ 25 частей соли и 75 воды. Промежутки, назначенные отъ 5 до 5 градусовъ, надлежитъ потомъ раздѣлить отъ 1° до 1°, и сіи градусы продолжить далѣе по трубкѣ.

Отношеніе между градусами сего ареометра и соотвѣтственными имъ плотностями жидкостей Г. *Франкёръ* изобразилъ формулою

$$p = \frac{152}{152 - d},$$

гдѣ d означаетъ число градусовъ, соотвѣтственное плотности p жидкости.

Ареометръ для жидкостей легчайшихъ воды, каковъ винный спиртъ, строится такимъже образомъ, какъ и предъидущій, и такимъ же образомъ дѣлится на градусы, то есть, что и его дѣленія назначаются по соленому раствору. Между симъ ареометромъ и предъидущимъ разность та, что градусы перваго идутъ сверху внизъ,

а гра усы втораго снизу вверхъ. Фиг. 99 представляетъ ареометръ такого рода. Для раздѣленія его на градусы дѣлаютъ растворъ изъ 10 частей поваренной соли и и 90 частей воды; въ сей растворъ опускаютъ ареометръ, и приливаютъ въ него столько ртути, чтобъ онъ погрузился немного выше шарика M; замѣчаютъ его точку погруженія, и при ней ставятъ нуль. Потомъ опускаютъ въ чистую воду; въ ней ареометръ погрузится ниже; замѣчаютъ точку погруженія, и при ней ставятъ 10°. Пространство между 0° и 10° дѣлятъ на 10 равныхъ частей, кои наносятъ циркулемъ выше 10°. Изъ сего видно, что 10-й градусъ онаго ареометра соотвѣтствуетъ 0° соленаго ареометра, и что 0° перваго соотвѣтствуетъ 10° втораго.

Отношеніе между градусами d сего ареометра и соотвѣтственными имъ плотностями, жидкостей Г. *Франкёръ* изобразилъ формулою

$$p=\frac{146}{136+d}.$$

Полезно къ сему присовокупить объ алкоолометрѣ Гей-люсака.

ГЛАВА ОСЬМАЯ.

О НѢКОТОРЫХЪ ЧАСТНЫХЪ СВОЙСТВАХЪ КАПЕЛЬНЫХЪ ТѢЛЪ.

Расширимость оныхъ отъ дѣйствія теплорода.

190. Мы уже знаемъ, что капельныя жидкости расширяются отъ нагрѣванія и сжимаются отъ охлажденія. Въ точныхъ изслѣдываніяхъ физическихъ весьма часто нужно бываетъ знать истинное расширѣніе по крайней

мѣрѣ нѣкоторыхъ жидкостей на прим. воды, ртути, виннаго спирта, и проч. Многіе находятся способы, посредствомъ коихъ можно опредѣлять сіе расширѣніе; мы коснемся только нѣкоторыхъ изъ нихъ.

А. Берутъ маленькой стекляный цилиндрическій сосудецъ, оканчивающійся *волосымъ* отверстіемъ o, (фиг. 100); наполняютъ оный сперва изслѣдуемою жидкостію при температурѣ $o°$, и находятъ вѣсъ оной, а потомъ и объемъ, когда ея *плотность* извѣстна (72). Потомъ ставятъ оный сосудецъ въ водяную или масляную ванну, и нагрѣваютъ оную до какой нибудь температуры $t°$; тогда часть испытуемой жидкости вытечетъ посредствомъ волоснаго отверстія, по причинѣ ея расширѣнія. Объемъ вытекшей жидкости покажетъ намъ только ея *видимое расширѣніе*, т. е. разность между расширѣніемъ жидкости и расширѣніемъ стекла. Послѣ сего вынемъ нашъ сосудецъ, обопремъ, и свѣсимъ; тогда не трудно уже будетъ найти истинное расширѣніе жидкости. Имянно, означимъ чрезъ P, P', замѣченные вѣсы жидкости при температурахъ $o°$ и $t°$, и чрезъ V вмѣстимость сосудца при $o°$; то объемъ вѣса P' жидкости при температурѣ $o°$ найдется по пропорціи

$$P : P' = V : \frac{VP'}{P};$$

ибо вѣсы одной и тойже жидкости, при той же температурѣ, пропорціональны объемамъ (71). Назовемъ чрезъ d кубическое расширѣніе жидкости отъ $o°$ до $t°$, то объемъ $\frac{VP'}{P}$ жидкости при $t°$ будетъ $\frac{VP'}{P}(1+d)$; а вмѣстимость сосуда сдѣлается $V(1+kt)$, означая чрезъ k кубическое расширѣніе вещества сосуда (стекла). А

какъ объемъ жидкости при температурѣ t° равенъ емкости сосуда, то

$$\frac{VP'}{P}(1+d)=V(1+kt'); \text{ откуда}$$

$$d=\frac{P-P'}{P'}+\frac{Pkt}{P'}.$$

Подобнымъ способомъ Гг. *Гилпинъ* и *Благденъ* опредѣляли расширѣніе воды и виннаго спирта.

В. Слѣдующее опредѣленіе расширѣнія жидкостей основывается на томъ гидростатическомъ законѣ, что всякое твердое тѣло, утопающее въ жидкости, теряетъ въ оной столько вѣсу, сколько вѣситъ объемъ вытѣсненной имъ жидкости. Возмемъ мѣдный или золотой цилиндръ, и, привязавъ его на тонкой волосокъ подъ чашку вѣсовъ, взвѣсимъ въ воздухѣ; потомъ опустимъ его въ испытуемую жидкость, взятую при температурѣ o°, и опредѣлимъ потерю P его вѣса въ оной. Послѣ сего нагрѣемъ жидкость до какой нибудь температуры t°, и опредѣлимъ потерю P' вѣса цилиндра въ нагрѣтой жидкости. Означимъ чрезъ k кубическое расширѣніе вещества цилиндра; то истинное расширѣніе жидкости отъ o° до t°, найдется по формулѣ вышепоказанной

$$d=\frac{P-P'}{P'}+\frac{Pkt}{P'}.$$

Способъ сей употребилъ *Лефевръ-Жино* для опредѣленія расширѣнія воды и ея наибольшей плотности, при учрежденіи новой единицы Французскаго вѣса, называемой *граммомъ*, который равняется вѣсу кубическаго центиметра воды, взятой при ея наибольшей плотности (1 грам. = 0,23465 золотника). Сей же способъ употребилъ Абовскій профессоръ *Гелльштрёмъ* для опредѣленія закона расширѣнія воды. (Annalen der

Physik und Chimie, v. Poggendorf. 1. Band, 1824. S 129).

C. Для изслѣдованія разширѣнія капельныхъ жидкостей, независимо отъ разширѣнія сосудовъ, Гг. *Дюлонгъ* и *Пти* воспользовались тѣмъ гидростатическимъ закономъ, что ежели два сосуда съ разнородными жидкостями находятся между собою въ сообщеніи, то, во время равновѣсія, высоты ихъ бываютъ обратно пропорціональны плотностямъ оныхъ жидкостей. Для сего брали они сифонную трубку ABCD (фиг. 101), которой два рукава были параллельны между собою и равны; наполняли ее очищенною испытуемою жидкостью; окружали оба рукава ея AB, CD цилиндрами, кои наполняли водою или масломъ; въ одномъ цилиндрѣ удерживали сію воду при постоянной температурѣ $o°$, а въ другомъ доводили оную до опредѣленныхъ температуръ, и измѣряли высоты столбовъ испытуемой жидкости въ каждомъ рукавѣ съ величайшею точностію, чего и было достаточно для опредѣленія совершеннаго разширѣнія оной. Наприм. ежели h, h' суть высоты столбовъ, замѣченныя при температурахъ t, t'; то назвавъ чрезъ d, d' плотности имъ соотвѣтственныя, имѣемъ (180)

$$h : h' = d' : d.$$

А какъ плотности столбовъ жидкости одинакаго вѣса относятся между собою въ обратномъ содержаніи объемовъ V, V', кои получила бы одна и таже масса жидкости при температурахъ t, t'; посему

$$d' : d = V : V', \text{ или}$$
$$h : h' = V : V'; \text{ откуда}$$
$$\frac{h'-h}{h} = \frac{V'-V}{V}.$$

Количество $\frac{V'-V}{V}$ и выражаетъ совершенное расширѣніе испытуемой жидкости въ единицѣ объема отъ температуры t до t'.

При сихъ опытахъ высоты h, h' были опредѣляемы посредствомъ горизонтальной зрительной трубки съ микрометромъ, передвигаемой по вертикальной линейкѣ, раздѣленной на мелкія части, и снабженной *ноніусомъ*. Температура испытуемой жидкости была опредѣляема посредствомъ воздушнаго термометра, и весьма чувствительнаго ртутнаго термометра, занимавшаго всю длину нагрѣваемаго цилиндра.

191. *Слѣдствія изъ наблюденій.* — Наблюденія сіи показали : 1) что жидкости, нагрѣваемыя отъ 0° до 100° имѣютъ совершенныя разширѣнія весьма различныя, какъ видно изъ слѣдующей таблички :

Ртуть разширяется на	0,018018 своего объема.
Вода.................	0,04333.
Оливковое масло......	0,0800.
Терпентинное масло...	0,0700.
Чистый винн. спиртъ.	0,1100.
Сѣрный эѳиръ	0,0700.
Крѣпкая сѣрная кислота	0,0600, и проч.

2) Каждая жидкость разширяется по особенному закону ей свойственному; такъ что еслибы мы составили нѣсколько термометровъ съ разными жидкостями, и раздѣлили ихъ на одинакое число градусовъ равной емкости между температурами тающаго льда и кипящей воды, то сіи термометры будутъ имѣть ходъ различный, и вовсе не будутъ между собою сравнительны, какъ видно изъ слѣдующей таблицы, взятой изъ наблюденій *Делюка :*

Термометръ ртутный.	*Терм. винно-спиртовой.*	*Термометръ водяной.*
80°	80°	80°
70	67,8	62
60	56,2	45,8
50	45,3	32,0
40	35,1	20,5
30	25,6	11,2
20	16,5	4,1
15	12,2	1,6
10	7,9	0,2
5	3,9	0,4
0	0	0.

3) Даже одна жидкость, при нагрѣваніи на одинакое число градусовъ, имѣетъ различное разширѣніе при среднихъ и высокихъ температурахъ. Чѣмъ болѣе жидкость приближается къ предѣлу своего кипѣнія, тѣмъ разширѣніе оной на каждый градусъ термометра увеличивается. Самая ртуть, употребляемая для строенія термометровъ, правильно разширяется только отъ 0° до 100° Цел. термометра; а далѣе сего предѣла разширѣніе оной примѣтно ускоряется, какъ показали Гг. Дюлонгъ и Пти, сравнивая разширѣніе ртути съ разширѣніемъ воздуха, которое принимается правильнымъ.

Температуры по воздушн. термометру.	Среднія истинныя разширѣнія ртути на 1° Ц. тер.	Показан. ртутн. термометра, независимыя отъ разширѣнія стекла	Среднія видим. разширѣнія ртути въ стеклян. трубкахъ на 1° Ц. т.
0°	0°	0°	0°
отъ 0° до 100°	$\frac{1}{5550}$	100°	$\frac{1}{6480}$
.........200°	$\frac{1}{5525}$	204°,61	$\frac{1}{6378}$
.........300°	$\frac{1}{5500}$	314°,15	$\frac{1}{6318}$

Во второмъ столбцѣ оной таблички означены истин-

ныя среднія расширѣнія ртути отъ 0° до 100° или до 200° или 300°. Третья графа показываетъ соотвѣтствѣтственные градусы ртутнаго термометра, когда бы его трубка не измѣняла своего объема отъ нагрѣванія.

Ежели станемъ сравнивать между собою ходъ термометровъ ртутнаго и воздушнаго, принимая въ счетъ и расширѣніе ихъ трубокъ, то разность между ихъ градусами выйдетъ менѣе, какъ видно, изъ слѣдующаго сравненія оныхъ термометровъ, сдѣланнаго Гг. Дюлонгомъ и Пти между — 36° и 360°.

Температуры по ртутному термометру.	*Температуры по воздушному термометру.*
—36	—36
0	0
100	100
150	148,70
200	197,05
250	245,05
300	292,70
360	350. (*)

4) Если какая нибудь жидкость начнетъ охлаждаться, то частички оной, повинуясь превосходству силы притяженія, должны постепенно сближаться между собою, и объемъ жидкости долженъ уменьшаться въ такомъ же содержаніи, въ какомъ увеличивался онъ при нагрѣ-

(*) Слѣдующая формула показываетъ то количество D, которое надлежитъ вычитать изъ градусовъ ртутнаго термометра, для перехода къ градусамъ воздушнаго:

$$D = 0{,}0225t' + 0{,}00007t'^2,$$

гдѣ $t' = t - 100$; а t есть данное число градусовъ, превышающее 100°.

ванія. Изъ сего общаго правила есть хотя немногія, однакоже замѣчательныя изключенія. Имянно, вода при своемъ охлажденіи до 4° Целс. термометра постепенно сжимается; но при сей температурѣ получаетъ наибольшую плотность: ибо, при дальнѣйшемъ охлажденіи, она снова начинаетъ расширяться до самаго предѣла ея замерзанія, и при 0° будетъ имѣть такую же плотность, какую имѣла она при +12°. Тоже свойство имѣютъ расплавленное желѣзо, сѣра, висмутъ. Но ртуть, масло, и проч., начиная замерзать, вдругъ весьма сильно сжимаются. Сіе частное свойство воды безъ сомнѣнія зависитъ отъ особеннаго расположенія, принимаемаго кристаллическими ея частичками, составляющимися при переходѣ оной въ твердое состояніе.

Оное свойство изъясняетъ намъ, почему на днѣ всякихъ большихъ озеръ, наполняемыхъ водою, происходящею отъ таянія снѣга, вода почти всегда удерживается при температурѣ 4°; отъ чего сосуды, оставляемые на морозѣ съ водою разрываются, когда она въ нихъ замерзаетъ. Сила расширѣнія воды, при переходѣ ея въ твердое состояніе, весьма велика. *Бюо*, заключивъ воду въ желѣзной трубкѣ, которой стѣнки были толщиною въ палецъ, оставилъ на сильномъ морозѣ, и черезъ 12 часовъ оная трубка лопнула въ двухъ мѣстахъ. Флорентинскіе ученые разорвали такою же силою толстый мѣдный шаръ; и Мусшенбрёкъ, вычисляя силу потребную для сего дѣйствія, нашелъ, что она равняется 27720 Фран. фунтамъ.

192. Такъ какъ весьма часто бываетъ нужно знать истинное расширѣніе воды для какой ни есть температуры, дабы можно было различныя физическія изслѣдыванія приводить въ температурѣ ея *наибольшей*

плотности; то многіе ученые старались открыть законъ расширѣнія воды, и опредѣлить *температуру ея наибольшаго сгущенія.* Точнѣйшіе опыты касательно сего предмета производилъ Гелльштрёмъ, и законъ расширѣнія воды отъ 0° до 30° Ц. т. выразимъ слѣдующими формулами. Означая чрезъ d истинное расширѣніе воды отъ 0° до $t°$ Реом. терм., онъ нашелъ

$$d = -0{,}00006617375t + 0{,}00000816525t^2 - 0{,}0000000180625t^3.$$

Въ градусахъ же Целс. термометра

$$d = -0{,}000052939t + 0{,}0000065322t^2 - 0{,}00000001445t^3.$$

Изъ сей формулы получается наибольшая плотность воды при 4°,108 Ц. т.

Если нужно считать расширѣніе воды отъ температуры 4°,108 наибольшей плотности ея, то оно найдется по формулѣ

$$d' = +0{,}0000063548t'^2 - 0{,}00000001445t'^3.$$

Расширѣніе воды отъ ея наибольшей плотности до 100° Ц. т. можно находить съ довольною точностію по формулѣ

$$d' = 0{,}000007128t'^2 - 0{,}000000025369t'^3,$$

выведенной Англійскимъ ученымъ *Юнгомъ* изъ опытовъ *Гилпина* и *Благдена.*

Истинное расширѣніе виннаго спирта отъ 0° до 100° можно находить по формулѣ

$$d = 0{,}00123499t + 0{,}0000323142t^2 + 0{,}0000000119989t^3;$$

а видимое расширѣніе онаго въ стеклянныхъ сосудахъ, по формулѣ

$$D = 0{,}00120374T + 0{,}0000031938T^2 + 0{,}000000011899T^3.$$

193. *Упругость капельныхъ жидкостей.* — Жидкости обнаруживаютъ упругость, когда бываютъ раздроблены въ шарики, и когда сферическая форма ихъ бываетъ измѣнена какимъ нибудь образомъ. Ежели шарикъ ртугу-

ти положить на горизонтальную плоскость, и немного подавить его сверху, то увидимъ, что онъ перемѣнитъ свою форму; но какъ скоро внѣшнее давленіе перестанетъ дѣйствовать, онъ тотчасъ получаетъ опять прежній видъ.

Ежели уронить шарикъ ртути на бумагу или на столъ, то онъ отскакиваетъ отъ него съ нѣкоторою силою; тоже дѣйствіе происходитъ при паденіи воды на столъ, покрытый пылью. Ибо отъ сего удара шарикъ жидкости перемѣняетъ свою форму и получаетъ видъ сплюснутаго сфероида по направленію дѣйствія удара: но отъ сего нарушается равновѣсіе между притягательными силами, побуждающими частички шарика къ центру массы его; и такъ, когда дѣйствіе удара прекращается, то оныя силы тотчасъ каплѣ жидкости возвращаютъ ея прежнюю шарообразную форму; отъ сего и происходитъ, что шарикъ ртути отскакиваетъ отъ плоскости, о которую ударяетъ. Очевидно что сія упругость происходитъ только отъ измѣненія формы шарика, а не отъ сжатія онаго.

194. *Сцѣпленіе.* — Силу сцѣпленія между частями капельной жидкости измѣряютъ слѣдующимъ образомъ. Отнимаютъ у вѣсовъ одну чашку, и на мѣсто оной привѣшиваютъ горизонтально полированную стеклянную (или какую нибудь другую) плитку, которую уравновѣшиваютъ съ другою чашкою вѣсовъ, и опускаютъ на поверхность какой ни есть жидкости. Потомъ на чашку вѣсовъ кладутъ постепенно столько вѣсу, сколько нужно, чтобы только оторвать плитку отъ жидкости. Если плитка неспособна намачиваться оною жидкостью, то найденный вѣсъ изобразитъ намъ *силу прилипанія* (adhesion) оной къ жидкости; еслиже пли-

тка способна намачиваться, то, при отнятіи оной, отрывается съ нею слой жидкости, и означенный вѣсъ покажетъ намъ *силу сцѣпленія* (cohesion) между частями жидкости, которая будетъ постоянна, какого бы рода употребленная плитка ни была.

Примѣненіе началъ гидростатики къ опредѣленію относительнаго вѣса тѣлъ капельныхъ и твердыхъ.

195. *Относительнымъ* (сравнительнымъ, удѣльнымъ) *вѣсомъ* одного тѣла къ другому называется число, показывающее, во сколько разъ одно тѣло вѣситъ больше или менѣе другаго, когда ихъ объемы равны. За единицу относительнаго вѣса тѣлъ капельныхъ и твердыхъ принятъ вѣсъ чистой воды въ такомъ же объемѣ, взятой при наибольшемъ ея сгущеніи, т. е. при температурѣ + 4°, 108 Ц. т.

196. *Относительный вѣсъ капельныхъ жидкостей* можно опредѣлять слѣдующими способами:

а) Положимъ, что нужно опредѣлить относит. вѣсъ сѣрной кислоты къ водѣ. Для сего возмемъ кусокъ стекла, свѣсимъ его въ воздухѣ; потомъ свѣсимъ въ чистой водѣ, и наконецъ — въ сѣрной кислотѣ, наблюдая, чтобы въ обоихъ послѣднихъ случаяхъ температура жидкостей была одинакова. Положимъ, что онъ въ водѣ теряетъ 250 грановъ вѣсу, а въ кислотѣ 460 грановъ. Какъ сіи потери равны вѣсамъ воды и кислоты въ равныхъ объемахъ; то, раздѣливъ 460 на 250, получимъ, что сѣрная кислота въ 1,84 раза тяжелѣе воды.

Ежели изъ стекла или мѣди сдѣлать такое тѣло, котораго бы объемъ равнялся одному Англ. кубич. дюйму при температурѣ 4° Ц. терм., и свѣсить оное сперва въ воздухѣ, а потомъ въ чистой водѣ при той же температурѣ; то потеря его вѣса опредѣлитъ намъ вѣсъ одного кубич. дюйма чистой воды, имѣющій наибольшую плотность. Сей вѣсъ равняется 3,84 золотника, и называется *удѣльнымъ вѣсомъ* воды.

b) *Клапротъ* показалъ способъ весьма общій и весьма употребительный для нахожденія относит. вѣса жидкостей. Для сего берутъ стеклянную бутылочку съ широкимъ горломъ, которое сполировано и плотно закрывается стеклянною плиткою; находятъ вѣсъ оной. Потомъ наполняютъ ее совершенно водою, и снова взвѣшиваютъ; изъ сего вѣса вычитаютъ вѣсъ пустаго сосуда, и получится, вѣсъ воды въ немъ помѣщающейся. Такимъ же образомъ можно найти, сколько (по вѣсу) въ ономъ сосудѣ помѣщается иной какой нибудь жидкости. А раздѣливъ сей послѣдній вѣсъ на первый, получится относит. вѣсъ оной жидкости къ водѣ.

Пусть вѣсъ сосуда съ его крышечкою = 12 золот.
вѣсъ его съ водою = 22 —
то вѣсъ одной воды будетъ = 10 —

Положимъ, что мы хотимъ найти относит. вѣсъ *чистаго виннаго спирта*; наполнимъ онымъ нашъ сосудъ, и положимъ что вѣсъ сосуда съ его жидкостью = 19,92 золотник.; то вѣсъ *одного спирта* будетъ = 19,92 — 12 = 7,92 золотн. Слѣдовательно относительный вѣсъ виннаго спирта $= \frac{7,92}{10} = 0,792$.

c) Относительный вѣсъ капельныхъ жидкостей можно еще опредѣлять посредствомъ *Фаренгейтова Арео-*

метра, который походитъ на ареометръ Боме; только на верхней трубочкѣ или, лучше сказать, проволочкѣ имѣетъ чашечку и постоянную замѣтку k (фиг. 102). Ежели хотимъ употребить сей ареометръ, то свѣсимъ его въ воздухѣ; потомъ опустимъ въ чистую воду, и на его чашечку столько положимъ вѣсу, что бы онъ погрузился до черты k. Пусть ареометръ вѣситъ 800 грановъ, а въ чашечку положено 200 грановъ: сложивъ сіи вѣсы, получимъ вѣсъ воды вытѣсненной ареометромъ, равный 1000 гранамъ. Послѣ сего снимемъ съ чашечки положенные 200 грановъ, и опустимъ оный приборъ въ другую жидкость, на прим. въ деревянное масло, и опять на чашечку положимъ столько вѣсу, чтобъ ареометръ погрузился до k. Пусть прибавленный вѣсъ = 115 грановъ. Сложивъ оный вѣсъ съ вѣсомъ 800 грановъ ареометра, найдется вѣсъ масла вытѣсненнаго ареометромъ, равный 915 гранамъ. А раздѣливъ 915 на вѣсъ 1000, получится относительный вѣсъ масла = 0, 915.

Такимъ об. нашли бы, что

Сѣрный эѳиръ имѣетъ относ. вѣсъ...........	0,715
Чистый винный спиртъ....................	0,792
Терпентинное масло......................	0,792
Оливковое масло.........................	0,915
Чистая вода.............................	1,000
Морская вода............................	1,026
Селитренная кислота.....................	1,217
Крѣпкая сѣрная кислота..................	1,841
Ртуть...................................	13,586.

197. *Опредѣленіе относительнаго вѣса твердыхъ тѣлъ* основывается на томъ, что всякое тѣло, погружаясь совершенно въ воду, вытѣсняетъ объемъ воды равный

собственному; что вѣсъ сего вытѣсненнаго объема воды равенъ потерѣ вѣса тѣла въ водѣ. Онъ опредѣляется или посредствомъ гидростатическихъ вѣсовъ, или посредствомъ Никольсонова ареометра.

а. *Ежели употребляются вѣсы*, то должно 1) найти вѣсъ даннаго тѣла въ воздухѣ; 2) найти его же вѣсъ въ водѣ; 3) вычесть послѣдній вѣсъ изъ перваго, и получится потеря вѣса тѣла въ водѣ; 4) раздѣлить вѣсъ тѣла въ воздухѣ на сію потерю, частное число и покажетъ относительный вѣса тѣла. На прим. ежели кусокъ мрамора вѣситъ въ воздухѣ 260 грановъ, а въ водѣ онъ вѣситъ 168 грановъ; то его потеря вѣса въ водѣ $= 260 - 168 = 92$ гран.; и относительный вѣсъ мрамора будетъ $= \frac{260}{92} = 2{,}826$.

Ежели данное тѣло будетъ легче воды, то для опредѣленія его относительнаго вѣса, надлежитъ найти вѣсъ его въ воздухѣ, и потомъ связать конскимъ волосомъ съ другимъ тѣломъ тяжелымъ, котораго вѣсъ въ воздухѣ и потеря вѣса въ водѣ предварительно опредѣлены; и такимъ образомъ найти, сколько вѣса оба сіи тѣла теряютъ въ водѣ. Если изъ общей потери вѣса вычесть потерю вѣса одного тяжелѣйшаго тѣла, то остатокъ покажетъ вѣсъ воды, вытѣсненной однимъ легкимъ тѣломъ. На сей остатокъ дѣля вѣсъ даннаго тѣла въ воздухѣ, получимъ его относительный вѣсъ.

Ежели твердое тѣло очень скважисто и содержитъ въ себѣ много воздуха, то для опредѣленія его относ. вѣса, найдемъ его вѣсъ въ воздухѣ; потомъ положимъ въ воду и вытянемъ изъ него воздухъ съ помощію воздушнаго насоса, и тогда опредѣлимъ потерю вѣса онаго тѣла въ водѣ, и т. д.

Ежели тѣло, котораго относит. вѣсъ ищется, можетъ растворятся въ водѣ; то должно напередъ найти его относит. вѣсъ къ такой жидкости, въ которой оно растворяться не можетъ (на прим. въ терпентинномъ маслѣ, нефти, или иной какой), и которой относительный вѣсъ извѣстенъ. Потомъ помножить найденный относит. вѣсъ на относит. вѣсъ жидкости, произведенiе и покажетъ относит. вѣсъ даннаго тѣла къ водѣ. Ибо, если взятая жидкость вдвое тяжелѣе воды, а испытуемое тѣло въ трое тяжелѣе оной жидкости; то оно будетъ въ $2 \times 3 = 6$ разъ тяжелѣе воды,

b. *Никольсоновъ ареометръ*, употребляемый для опредѣленiя относит. вѣса твердыхъ тѣлъ, состоитъ изъ мѣднаго пустаго шара O либо цилиндра C (фиг. 103), у коего вверху прикрѣплена проволока *ab*, поддерживающая чашечку M, и имѣющая постоянную замѣтку *n*. Внизу прямо противъ проволоки *ab* привѣшивается тяжелая чашка N; у ареометра цилиндрическаго она дѣлается на верхней его части. Если нужно опредѣлить относит. вѣсъ даннаго тѣла, то, опустимъ ареометръ въ чистую воду, на чашку N положимъ оное тѣло, и туда же положимъ столько вѣсу, чтобы ареометръ погрузился до черты *n*. Потомъ вынемъ тѣло изъ чашки N, а на мѣсто его положимъ столько вѣсу, чтобъ опять ареометръ погрузился до *n* : сей послѣднiи вѣсъ и покажетъ намъ *вѣсъ тѣла въ воздухѣ;* пусть оный вѣсъ = 34 гран. Чтобы найти потерю вѣса тѣла въ водѣ, вынемъ тѣло изъ чашки M, и положимъ въ чашку N : при семъ ареометръ поднимется выше, потому что тѣло потеряетъ часть своего вѣса. Прибавимъ въ чашку M столько вѣсу, чтобъ

ареометръ опустился до *n*; пусть сей прибавленный вѣсъ = 8 гранамъ : онъ покажетъ намъ *потерю вѣса тѣла въ водѣ.* На сей вѣсъ раздѣлимъ вѣсъ 34 гр. тѣла въ воздухѣ и получится искомый относит. вѣсъ = 4,25.

Изъ подобныхъ опредѣлеін найдено, что

Платина плющеная имѣетъ относ. вѣсъ	22,069
— кованая	20,337
Золото кованое	19,362
Свинецъ плавленый	11,352
Серебро плавленое	10,474
Красная мѣдь плавленая	8,788
Сталь не закаленая	7,816
Олово плавленое	7,291
Желѣзо плавленое	7,207
Цинкъ плавленый	7,100
Сурьма плавленая	6,712
Іодъ	4,430
Тяжелый шпатъ	4,430
Гіацинтъ	4,560
Восточный рубинъ	4,283
Восточный топазъ	4,011
Саксонскій топазъ	3,564
Восточный бериллъ	3,549
Алмазъ самый тяжелый	3,531
Флинт-гласъ	3,329
Мраморъ Паросскій	2,996
Порфиръ	2,800
Изумрудъ зеленый	2,775
Жемчугъ	2,750
Аквамаринъ	2,722
Горный хрусталь	2,653
Гранатъ	2,643
Агатъ	2,615
Бѣлое стекло	2,500
Фарфоръ	2,146 до 2,493

Самородная сѣра	2,033
Слоновая кость	1,917
Гипсъ	1,874
Поваренная соль	1,918
Селитра	1,900
Янтарь	1,078
Воскъ бѣлый	0,960
Ледъ	0,930
Черное дерево	1,250
Красное дерево	1,031
Свѣжій дубъ	0,930
Сухой дубъ	1,670
Буковое дерево	0,852
Вязъ	0,800
Ясень	0,745
Кленъ	0,753
Еловое дерево	0,550
Липовое дерево	0,604
Ива	0,585
Кедровое дерево	0,561
Пробковое дерево	0,240, и пр.

198. Относительный вѣсъ тѣлъ служитъ въ естественныхъ наукахъ для различія тѣлъ какъ признакъ довольно вѣрный; посредствомъ его разрѣшаются нѣкоторыя задачи, весьма важныя въ механикѣ и физикѣ.

Задача. Найти вѣсъ гранитнаго прямоугольнаго параллелипипеда, коего длина = 10 футомъ, ширина 5 футамъ, а толстота = 4 фут. Мы видѣли (72), что вѣсъ всякаго тѣла изображается чрезъ $P = Va.\ 69{,}2$ фунт., когда объемъ V выраженъ въ футахъ; либо чрезъ $p = v\,a.\ 3{,}84$ золотник., когда объемѣ v данъ въ дюймахъ. Относит. вѣсъ граната $a = 2{,}643$; посему искомый вѣсъ будетъ

$$P = 4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 2{,}643 \cdot 69{,}2 = 36579 \text{ фунтовъ.}$$

Задача. Найти объемъ какого нибудь тѣла.

Для сего отъищи, сколько оное тѣло теряетъ вѣса въ водѣ, наприм. 1 фунтъ или 96 золотниковъ; это будетъ вѣсъ воды въ одинакомъ объемѣ съ тѣломъ, которой относит. вѣсъ $a=1$. Посему изъ формулы $p=v.a.3{,}84$ найдется искомый объемъ

$$v=\frac{p}{a\cdot 3{,}84}=\frac{96}{3{,}84}=25 \text{ кубич. дюйм.}$$

Задача. Найти вмѣстимость какого нибудь сосуда.

Наполни весь сосудъ чистою водою, и опредѣли, сколько золотниковъ оной въ немъ помѣщается; то и получится емкость сосуда изъ формулы

$$v=\frac{p}{a\cdot 3{,}84} \text{ кубич. дюйм.}$$

Задача. Найти діаметръ серебреной проволоки, которой длина $=4$ дюймамъ. Отъищи вѣсъ оной проволоки, наприм. 5 Тройск.越грановъ; означая чрезъ d искомый діаметръ, объемъ сей проволоки будетъ $\frac{\pi d^2.4}{4}$, а ея вѣсъ

$$5 \text{ гран}=0{,}076 \text{ золотн.}=\frac{\pi d^2\cdot 4\cdot a\cdot 3{,}84}{4}$$

Относит. вѣсъ серебра $a=10{,}5$; посему

$$0{,}076 \text{ зол.}= 126{,}669 d^2, \text{ откуда}$$

$$d=\sqrt{\frac{76}{126669}}=0{,}0245 \text{ дюйма.}$$

Задача. Найти внутреній діаметръ стеклянной, цилиндрической, волосной трубки. Свѣсь пустую трубку; наполни ее ртутью при температурѣ 0°; измѣрь длину столбика помѣстившейся ртути, и пусть оная длина $=2$ дюймамъ; свѣсь трубку со ртутью, и вычти изъ онаго вѣса вѣсъ пустой трубки, получится вѣсъ напр. 5,92 Тр. гран. или 0,09 золотника для введенной ртути, Означая чрезъ d искомый діаметрѣ, $a=13{,}586$ отно-

сmm. вѣсъ ртути, получимъ объемъ столбика ртути $v = \frac{\pi d^2 \cdot 2}{4} = \frac{\pi d^2}{2}$; а его вѣсъ

$$0{,}09 \text{ зол.} = \frac{\pi d^2 \cdot 13{,}586 \cdot 3{,}84}{2}; \text{ откуда}$$

$$d = \sqrt{\frac{9}{8194}} = \frac{1}{30{,}16} \text{ дюйма}$$

199. Сколько ни просто кажется опредѣленіе относительнаго вѣса тѣлъ, ихъ объемовъ, вмѣстимости сосудовъ; но всѣ сіи опредѣленія, производимыя по изложеннымъ способамъ, будутъ только приближительныя. Еслибы нужно было получить оныя гораздо точнѣе, то надлежало бы ихъ приводить еще или къ температурѣ 0° или къ температурѣ 4°,108 Ц. термометра по извѣстному расширѣнію жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, къ обыкновенному давленію атмосферы, и проч., что не иначе можно сдѣлать какъ посредствомъ вычисленій, кои можно видѣть въ Traité de phys. expérimentale et mathématique, par I. B. Biot T. I. pag. 344. Paris. 1816. Также въ Traité élém. de phys. par E. Péclet. T. I. pag. 90 и 147.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

О движеніи капельныхъ жидкостей.

(*Гидродинамика*).

200. *Гидродинамика* есть такая часть физической механики, въ которой излагаются законы движенія капельныхъ жидкостей.

Мы видѣли, что свободному твердому тѣлу довольно

сообщить ударъ въ одной его точкѣ, чтобы вся масса его получила движенie по направленiю дѣйствiя силы: но въ семъ отношенiи тѣла капельныя весьма различаются отъ тѣлъ твердыхъ, ибо части ихъ весьма удобоподвижны и повинуются всякой силѣ на нихъ дѣйствующей почти не зависимо одна отъ другой. Слѣдственно, цѣлая масса капельнаго тѣла только тогда получитъ движенie по извѣстному направленiю, когда сила въ одно время одинаково подѣйствуетъ на каждую часть оной. Таково паденie воды или другой жидкости въ безвоздушномъ пространствѣ. Но ежели сила подѣйствуетъ только на нѣкоторыя части движущейся или покоющейся жидкости, то ея дѣйствie можетъ сообщится только симъ частямъ и ближайшимъ къ нимъ; а прочiя, по своей независимости, могутъ и неучаствовать въ ономъ. Отъ сего же происходитъ и то, что, когда большая масса жидкости имѣетъ какое нибудь движенie (на прим. вода въ каналѣ или рѣкѣ), то нѣкоторыя части оной, кромѣ общаго движенiя, могутъ имѣть *особенныя движенiя*, на прим. вращательныя или качательныя, которыя не будутъ состоять въ зависимости ни между собою ни съ общимъ движенiемъ, лишь бы не было значительной клейкости между частями жидкости. — Тѣла жидкiя, во время движенiя, встрѣчаютъ различныя препятствiя: 1) сопротивленie отъ средины; 2) ударъ о другiя тѣла; 3) тренie; 4) прилипанie къ твердымъ тѣламъ, и проч. (*). Когда твердое тѣло встрѣчаетъ сопро-

---

(*) Тренie въ особенности замѣтить можно между твердыми тѣлами и жидкостями неспособными ихъ намачивать. На пр капля ртути, пущенная по наклонной доскѣ, не

тивленіе своему движенію, то теряетъ постепенно часть силы движенія во всей своей массѣ. И капельная жидкость во всей своей массѣ получаетъ измѣненіе въ скорости движенія, когда сопротивленіе дѣйствуетъ на всѣ ея части равно (на прим. при паденіи капель въ воздухѣ) : но когда сопротивленіе дѣйствуетъ на нѣкоторыя части жидкости, то онѣ однѣ могутъ или получить измѣненіе въ своей скорости, или даже потерять оную и отдѣлиться отъ прочей массы.

Объ истеченіи капельныхъ жидкостей изъ сосудовъ посредствомъ отверстій.

201. Мы видѣли, что капельная жидкость содержимая въ сосудѣ и подверженная дѣйствію тяжести производитъ на всѣ точки его стѣнъ давленія перпендикулярныя къ ихъ поверхности; по сему, ежели въ днѣ или боку сосуда, наполненнаго водою (или иного жидкостью) сдѣлано будетъ отверстіе, то она будетъ вытекать сквозь оное съ нѣкоторою скоростью. Для опредѣленія различныхъ обстоятельствъ вытеканія жидкостей употребляются стеклянные сосуды, имѣющіе повсюду одинакую и значителную ширину, коихъ дно было бы горизонтально, а бока вертикальны. На днѣ и бокахъ такихъ сосудовъ дѣлаются отверстія различной величины, которыя бы можно было,

---

скользитъ по оной, но катится по причинѣ тренія 2-го рода. — Прилипаніе жидкостей къ тѣламъ составляетъ весьма важное сопротивленіе ихъ движенію. Капля воды, пущенная по наклонному столу, прилипая къ оному своими послѣдовательными частями, наконецъ совершенно останавливается.

открывать и закрывать по произволу, и приставлять къ нимъ трубки различнаго вида и длины.

202. *Вытеканіе сквозь отверстіе, сдѣланное въ тонкой стѣнкѣ сосуда.* — Пусть АВ (фиг. 104) представляетъ намъ стеклянный сосудъ, имѣющій на днѣ круглое отверстіе *a*. Наполнимъ его водою, въ которой разсыпаны тонкія частицы сургуча, и откроемъ отверстіе, то во время вытеканія замѣтимъ *внутри сосуда* :

1-е Что всѣ частицы жидкости сперва понижаются въ сосудѣ вертикально до нѣкотораго разстоянія отъ дна, и потомъ со всѣхъ сторонъ загибаются къ отверстію болѣе или менѣе кривыми путями.

2-е Поверхность воды въ сосудѣ понижается, оставаясь паралельною сама себѣ, и когда подойдетъ довольно близко къ отверстію, то на ней образуется воронкообразное углубленіе прямо противъ отверстія. Сіе воронкообразное углубленіе можетъ произойти гораздо ранѣе, ежели воду привесть въ сосудѣ въ круговое движеніе, ибо отъ сего части ея получатъ центробѣжную силу, и устремятся къ стѣнамъ сосуда.

Внѣ сосуда замѣчается, что вытекающая струя жидкости не бываетъ въ видѣ цилиндра, имѣющаго основаніемъ площадь отверстія; но толщина ея постепѐнно уменьшается, и, на разстояніи отъ отверстія, равномъ почти *полу-діаметру онаго*, она получаетъ наибольшее сжатіе (contraction); такъ что въ семъ мѣстѣ поперечное сѣченіе струи составляетъ только около 0,62 площади отверстія. Сіе сжатіе струи замѣчается во всѣхъ возможныхъ ея направленіяхъ. Только, *ежели струя течетъ внизъ*, то она далѣе своего сжатія еще болѣе утончается; потому

что нижнія части оной, во время паденія, пріобрѣтаютъ болѣе скорости нежели верхнія; отъ чего струя раздлинняется, и, отъ сопротивленія воздуха, на нѣкоторомъ разстояніи разпадается въ капли. А ежели *струя бьетъ вверхъ въ видѣ фонтана*, то она, послѣ наибольшаго ея сжатія, отъ сопротивленія воздуха разширяется въ видѣ кисти, и на нѣкоторой высотѣ разпадается въ капли.

Сжатіе струи зависитъ отъ того, что въ отверстіи не всѣ части оной имѣютъ одинакую скорость. Части, соотвѣтствующія серединѣ отверстія, входя въ оное свободно, имѣютъ наибольшую скорость; а части, идущія близъ краевъ отверстія, отъ прилипанія къ онымъ (либо отъ тренія съ оными) замѣдляются въ своемъ движеніи, ибо должны отрываться отъ сихъ краевъ. Сверхъ сего, во время вытеканія жидкости, ея части, ближайшія къ отверстію, устремляются къ оному со всѣхъ сторонъ косвенными путями, и, вошедши въ отверстіе, не успѣваютъ тотчасъ перемѣнить направленій своихъ, и тѣмъ самимъ еще болѣе увеличиваютъ сжатіе струи.

203. *Скорость вытеканія.* — Наблюденія показываютъ, что жидкость не падаетъ просто сквозь отверстіе сосуда, ее заключающаго; но выбрасывается изъ онаго съ нѣкоторою скоростью. Это всего лучше замѣтить при вытеканіи сквозь боковое отверстіе, и при движеніи струи снизу вверхъ. Въ первомъ случаѣ движеніе оной сходствуетъ съ движеніемъ твердаго тѣла, брошеннаго горизонтально; ибо она въ семъ случаѣ выбрасывается въ видѣ дугообразной параболической линіи. Во второмъ же случаѣ движеніе струи сходствуетъ съ движеніемъ твердаго тѣла, брошен-

наго вертикально снизу вверхъ. — Здѣсь движущая сила заключается въ давленіи производимомъ верхними слоями жидкости на нижнія. Не трудно замѣтить, что оно сообщается вытекающимъ частямъ жидкости не мгновенно, но чрезъ нѣкоторое малое время : ибо боковая струя въ первое мгновеніе падаетъ ближе къ сосуду и потомъ отдаляется отъ онаго до нѣкотораго предѣла. Вертикальный фонтанъ не въ первое мгновеніе достигаетъ своей наибольшей высоты.

Скорость вытекающей воды сквозь отверстіе весьма малое въ сравненіи съ поперечнымъ сѣченіемъ сосуда, и сдѣланное въ тонкой стѣнкѣ онаго, бываетъ такова, какую бы она пріобрѣла, падая свободно по высотѣ стоянія жидкости надъ симъ отверстіемъ. Ибо всякая вытекающая часть am жидкости (фиг. 105) побуждается къ движенію и по собственной тяжести g, и по давленію на нее вертикальнаго столбика amn. Посему, ежели x есть ускореніе, сообщаемое частичкѣ am вѣсомъ amn, то

$$x : g = \text{вѣсъ } amn : \text{вѣс. } am = an : ab \text{; откуда}$$

$$x = g \cdot \frac{an}{ab}.$$

Съ сею силою частичка am, пройдя высоту ab, въ малѣйшій моментъ времени, получитъ скорость

$$v = \sqrt{2 \cdot x \cdot ab} = \sqrt{2g \cdot an}.$$

Законъ сей открытъ *Торичелліемъ*, и подтвержденъ съ достаточною точностію опытами *Маріотта*, *Боссю*, и другихъ.

Такъ какъ скорость вытеканія зависитъ отъ высоты an стоянія жидкости въ сосудѣ, то видно, что сія скорость будетъ постоянна, ежели во время вытеканія жидкость въ сосудѣ будетъ удерживаема на

одинакой высотѣ или чрезъ дополненіе онаго или какъ иначе. Но ежели высота ab будетъ уменьшаться или увеличиваться, то истеченіе должно или замѣдляться или ускоряться.

204. *Количество жидкости*, вытекающей въ единицу времени сквозь малое отверстіе сосуда, постоянно дополняемаго, очевидно было бы равно такой призмѣ жидкости, которая имѣетъ основаніемъ плоскость a отверстія, а высотою - скорость v вытеканія, т. е. $q = av$, еслибы вытекающая струя не получила сжатія. Но какъ, при наибольшемъ сжатіи струи, поперечное сѣченіе оной $= 0{,}62a$; то количество вытекающей жидкости въ 1-цу времени $= 0{,}62\,av$, а во время t оно будетъ

$$Q = 0{,}62 . avt = \tfrac{5}{8}\,avt.$$

Вытеканіе чрезъ короткія придаточныя трубки.

205. Ежели въ отверстіе сосуда вставлена будетъ короткая *цилиндрическая*, *вертикальная трубка*, *способная намачиваться вытекающею жидкостію*; то опытъ показываетъ, что количество вытекающей жидкости получается болѣе, нежели сквозь простое отверстіе. На прим. ежели ея длина не превышаетъ четырехъ діаметровъ отверстія, то количество истекающей жидкости увеличивается въ 1,33, то есть

$$Q = 1{,}33 . 0{,}62\,avt = 0{,}83\,avt.$$

Сіе увеличеніе зависитъ отъ того, что трубка, привлекая къ себѣ боковыя части вытекающей струи, уменьшаетъ сжатіе оной, такъ что жидкость течетъ полною трубкою. Малая разность между $0{,}83\,avt$ и avt происходитъ безъ сомнѣнія отъ сцѣпленія струи со стѣнками трубки, а можетъ быть и отъ тренія

съ оными, которое нѣсколько уменьшаетъ скорость боковыхъ частей струи.

Ежели въ отверстіе вставлена будетъ *коническая трубка*, имѣющая видъ съуживающейся струи, то она не можетъ имѣть вліянія на увеличеніе или уменьшеніе количества вытекающей жидкости. Но ежели коническая трубка, *способная намачиваться*, будетъ къ наружному концу ширѣ, то количество вытекающей жидкости получится болѣе, нежели при вытеканіи сквозь цилиндричаскую трубку, и можетъ быть увеличено до 0,93 *avt*. Опыты *Эйтельвейна* показали, что ежели въ отверстія сосуда вставлена будетъ трубка, расширяющаяся какъ внутри такъ и внѣ онаго (фиг. 106); то количество вытекающей жидкости получается даже болѣе, нежели *avt*.

Опыты показали, что въ трубкахъ, способныхъ намачиваться, *количество вытекающей жидкости увеличивается отъ возвышенія температуры*. На прим. вода при 84° вытекаетъ вчетверо скорѣе, нежели при 0°. (Ann. chim. et phys. t. 1 и 4).

206. *Фонтаны*. — Скорость и количество вытекающей жидкости точно также опредѣляется и въ томъ случаѣ, когда жидкость выбрасывается изъ отверстія снизу вверхъ въ видѣ фонтана. Какъ скорость вытекающей жидкости при отверстіи равна той, которую получила бы она падая свободно отъ поверхности ея въ водоемѣ до отверстія истеченія; то слѣдуетъ, что она, движась съ оною скоростью снизу вверхъ, должна потерять оную не прежде, какъ поднявшись до самой поверхности ея въ водоемѣ. Впрочемъ до сей высоты фонтанъ никогда не достигаетъ 1) по причинѣ сопротивленія воздуха, 1) отъ сцѣпленія съ краями отверстія

либо тренія объ оныя, особливо когда въ отверстіе вставлена будетъ придаточная трубка цилиндрическая или коническая, 3) отъ верхнихъ частей воды, потерявшихъ свою скорость и падающихъ на поднимающуюся струю; по сему-то, ежели дать фонтану небольшое наклоненіе, то онъ поднимается нѣсколько выше. — Опытомъ дознано, что высота фонтана бываетъ болѣе, когда онъ выходитъ изъ отверстія, сдѣланнаго въ тонкой стѣнкѣ, нежели когда выходитъ изъ придаточной цилиндрической трубки. *Маріоттъ*, сравнивая высоты фонтановъ съ возвышеніями ихъ водоемовъ, нашелъ, что ежели назвать чрезъ H высоту стоянія воды въ водоемѣ; и чрезъ h высоту фонтана; то сія высота получится изъ формулы

$$h = 30(-5+\sqrt{25+\tfrac{2}{3}H})$$ Франц. футовъ.

Сіе вычисленіе предполагаетъ, что фонтанъ немного наклоненъ, что отверстіе сдѣлано въ тонкой стѣнкѣ, и что діаметры отверстій увеличиваются съ высотою фонтана. (Traité du mouvement des eaux, par Mariotte. Par. 1686).

207. *Теченіе жидкостей по длиннымъ трубамъ.* — Если къ отверстію водоема будетъ приставлена *длинная цилиндрическая трубка вертикальная* или *наклонная*, то скорость жидкаго столба, въ ней заключающагося, увеличивается дѣйствіемъ тяжести, и количество вытекающей жидкости увеличивается, по крайней мѣрѣ до извѣстнаго предѣла, далѣе котораго оно начинаетъ опять уменьшаться, вѣроятно отъ непрерывно повторяющихся препятствій, которыми скорость переднихъ частей жидкости начинаетъ уменьшаться.

Когда придаточная длинная трубка будетъ *горизонтальна*, то жидкость стремится по всей ея длинѣ

сохранять одинакую скорость : но здѣсь треніе и сцѣпленіе со стѣнами трубы, повторяющееся на большомъ протяженіи, уменьшаетъ безпрестанно сію скорость, и иногда до такой степени, что жидкость вытекаетъ капля по каплѣ. Сіе уменьшеніе скорости бываетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ трубка длиннѣе и уже : ибо въ широкихъ трубахъ треніе и сцѣпленіе дѣйствуетъ только на боковыя части воды; а въ узкихъ трубкахъ сіе дѣйствіе простирается на всю движимую массу.

208. *Десли* принимаетъ за правило, что *окончательная скорость воды, текущей по длинной наклонной трубѣ, прямо пропорціональна корню квадратному изъ высоты стоянія воды и діаметра трубы, и обратно пропорціональна корню квадратному изъ длины трубы*; а *сопротивленіе*, встрѣчаемое жидкостію, во время ея движенія, *прямо пропорціонально квадрату скорости и длинѣ трубы, и обратно пропорціонально ея поперечнику*. Имянно, ежели h есть высота паденія воды отъ самой ея высшей точки стоянія, L длина прямой трубы, d поперечникъ оной, то соотвѣтственная скорость будетъ

$$V = 50\sqrt{\frac{dh}{L}}, \text{ въ } 1'' \text{ времени.}$$

Количество же вытекающей воды въ *одну минуту* будетъ

$$M = \frac{\pi d^2 \cdot V \cdot 60''}{4} = 2356 d^2 \sqrt{\frac{dh}{L}} \text{ кубич. футовъ.}$$

Сіе количество получится только тогда, когда водопроводная труба не имѣетъ изгибовъ (о кои движущаяся вода ударяетъ и теряетъ часть скорости), и никакихъ другихъ препятствій для движенія воды. Но сіи препятствія обыкновенно уменьшаютъ скорость

вытеканія, такъ что, по опытамъ Прони, она получается

$$v = 26,79\sqrt{\frac{dh}{L}}.$$

209. Ежели вода движется въ трубѣ, имѣющей *горизонтальные изгибы*, то она теряетъ часть скорости отъ сцѣпленія, тренія, и отъ ударовъ въ сіи изгибы. Если же оные *изгибы возвышаются вертикально*, то въ вершинахъ ихъ скопляется воздухъ, отдѣляющійся отъ воды, и тѣмъ самымъ не только уменьшаетъ проходъ для воды, но можетъ даже остановить оную. Посему-то на высокихъ изгибахъ водопроводныхъ трубъ дѣлаютъ душники, т. е. трубки, сообщающіяся съ наружнымъ воздухомъ.

210. *Давленіе капельныхъ жидкостей на стѣны трубъ, по коимъ онѣ движутся.* — Когда жидкость движется по трубѣ, то давленіе, производимое оною на ея внутреннія стѣны, всегда бываетъ менѣе того, какое она производила бы находясь въ покоѣ. Еще *Даніиллъ Бернулли* доказалъ, что *давленіе на какую ни есть точку трубы пропорціонально разности между возвышеніемъ* h *жидкости надъ сею точкою и такою высотою* x, *по коей жидкость, падая свободно, могла бы получить ту скорость, которую имѣетъ.* Ежели скорость жидкости при оной точкѣ означимъ чрезъ v, то давленіе изобразится чрезъ

$$h - x = h - \frac{v^2}{2g};$$

а сіе показываетъ, что давленіе жидкости на данную точку будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ ея скорость менѣе; что жидкость вовсе не будетъ производить давленія, ежели она имѣетъ всю скорость, соотвѣтственную

высотѣ h (ибо тогда $x=h$); что еслибы жидкость при оной точкѣ получила скорость бо́льшую, нежели какова соотвѣтствуетъ высотѣ h, то давленіе сдѣлалось бы *отрицательнымъ* (ибо тогда $x>h$), и стало бы побуждать стѣнки трубы сближаться между собою. Законъ сей подтвержденъ многочисленными опытами, и можетъ быть сочтенъ довольно точнымъ. И въ самомъ дѣлѣ, когда жидкость, текущая по трубѣ, имѣетъ вездѣ скорость, соотвѣтственную высотѣ ея паденія; то гдѣ бы на сей трубѣ ни было сдѣлано отверстіе, жидкость не будетъ выходить изъ онаго. Если же внутри сей трубы поставишь какое нибудь препятствіе, то жидкость будетъ брызгать въ боковое отверстіе въ видѣ фонтана, и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе будетъ уменьшена ея скорость. Но ежели въ отверстіе сосуда вставлена будетъ короткая трубка $abcd$, расширенная къ наружному концу, какъ показываетъ фиг. 107, въ которую бы вставлены были три вертикальныя трубки m, n, p, опущенныя въ сосудъ со ртутью; то въ сей придаточной трубкѣ вода получитъ скорость болѣе, нежели какую она получила бы вытекая сквозь простое отверстіе: отъ сего произойдетъ давленіе отрицательное, и, при вытеканіи воды, начнетъ подниматься ртуть по трубкамъ m, n, p, въ убывающей прогрессіи (Вентури). При семъ трубка $cdef$ должна быть сдѣлана или по формѣ сжатія струи, или не много шире.

211. ***Противодѣйствіе жидкости на стѣны сосуда во время ея вытеканія малымъ отверстіемъ.*** — Когда жидкость находится въ покоѣ, то ея давленія на боковыя стѣны сосуда, будучи равны и противоположны, взаимно уравновѣшиваются, и не мо́гутъ

сообщать сосуду никакого движенія: но, ежели на боку сосуда откроется малое отверстіе, позволяющее жидкости вытекать, то ея давленіе въ семъ мѣстѣ уничтожится; на часть же сосуда, лежащую противъ сего отверстія, давленіе непремѣнно будетъ происходить, потому что не будетъ силы, уравновѣшивающей оное. Симъ-то противодѣйствіемъ сосудъ и будетъ побуждаться въ противную сторону истеченія. Наприм. ежели небольшой жестяной сосудъ наполненный водою, поставить на кусокъ пробки, и пустить плавать по водѣ; а потомъ открыть у него боковое отверстіе; то сей сосудъ, при вытеканіи воды, начнетъ двигаться въ сторону противную отверстію. На семъ свойствѣ основывается устроеніе *Сегнерова водяного колеса.*

212. Мы видѣли, что давленіе, производимое вытекающею жидкостію всегда бываетъ менѣе того, какое происходитъ во время равновѣсія оной (ибо часть оной силы производитъ движеніе), и что сіе давленіе не мгновенно сообщается жидкости, начинающей вытекать: изъ сего слѣдуетъ, что если жидкость движется по трубѣ, и вдругъ закроется отверстіе въ концѣ оной трубы, то сія жидкость не вдругъ придетъ въ состояніе покоя; но сперва части прилежащія къ отверстію остановятся, сообщивъ силу движенія своего стѣнкамъ трубы; потомъ начнутъ останавливаться слѣдующія части, сообщая свою силу движенія частямъ остановившимся и частямъ стѣнъ трубы какъ ближайшимъ такъ и отдаленнѣйшимъ: отъ сего на стѣны трубы будетъ постепенно увеличиваться давленіе (напоръ), которое онѣ должны уравновѣшивать. Ежели стѣны трубы не будутъ имѣть достаточной крѣпости для

выдержанія сего напора, то онѣ разлопываются (*): еслиже имѣютъ достаточную крѣпость, то, во время напора, онѣ будутъ раздаваться; и какъ скоро окончится увеличеніе давленія, то стѣны по своей упругости начнутъ возстановлять свой прежній видъ, и заставятъ воду отступить назадъ.

Сіе важное замѣчаніе послужило *І. Монгольфьеру* для устроенія полезной и весьма любопытной машины, называемой *Гидравлическимъ тараномъ* (belier hydraulique). Сія машина состоитъ изъ трубы BD (фиг. 108), имѣющей малую наклонность, и сообщающейся съ источникомъ или водоемомъ A. Близъ конца сей трубы дѣлаются два отверстія, закрываемыя клапанами *m*, *n*, изъ коихъ первый закрываетъ свое отверстіе сверху, а второй можетъ закрывать отверстіе снизу, будучи поднятъ водою. Надъ клапаномъ *m* утверждается воздушная камера E съ крѣпкими стѣнами, которая внизу сообщается съ трубою EH, служащею для восхожденія воды. — *Дѣйствіе машины:* 1) Вода, идя по трубѣ BD, устремляется въ отверстіе C, поднимаетъ клапанъ *n*, и запираетъ онымъ отверстіе; 2) потомъ сила движенія воды тотчасъ начинаетъ дѣлать напоръ на стѣны трубы, и заставляетъ ихъ раздаваться (особливо въ сіе время сжимается воздухъ содержащійся въ камерѣ K); симъ напоромъ поднимается клапанъ *m*, и вода устремляется въ камеру E и въ трубу GH; 4) за симъ упругія тѣла возстановляютъ свою фигуру, и заставляютъ воду отступить назадъ;

(*) Таковое дѣйствіе замѣчается въ водопроводныхъ трубкахъ, проводимыхъ въ кухни домовъ. Почему краны сихъ трубъ надлежитъ запирать медленно.

клапанъ *m*, по причинѣ своего вѣса и давленія воздуха, закрываетъ свое отверстіе, а клапанъ *n*, въ слѣдствіе отступленія воды, падаетъ и открываетъ отверстіе *n*. Послѣ сего вода опять устремляется въ отверстіе C, и снова тѣ же дѣйствія повторяются. Такимъ образомъ клапаны *m*, *n*, попеременно закрываютъ и открываютъ отверстія, и вода поднимается безпрестанно по трубѣ GH. (О выгодахъ оной машины см. въ *Запискахъ о приложеніи началъ механики*, и проч. профес. Чижова, стран. 72, и слѣд.).

О теченіи жидкостей по каналамъ.

213 *Желобомъ*, *каналомъ* называется всякой открытый водопроводъ. Онъ можетъ быть горизонтальный или наклонный, прямой или изогнутый; дно и бока его могутъ быть или гладкія или съ возвышеніями и углубленіями. Но каковы бы ни были его наклоненіе, форма и длина, обстоятельства сіи не имѣютъ никакого вліянія на доставляемое имъ количество воды въ одно и тоже время; такъ что *чрезъ каждое поперечное сѣченіе канала протекаетъ одинакое количество жидкости въ единицу времени.* Симъ свойствомъ каналы весьма отличаются отъ водопроводныхъ трубъ, и съ лучшимъ успѣхомъ могутъ быть употреблены для доставленія воды на весьма большія разстоянія.

214. Ежели вода течетъ *въ горизонтальномъ*, *призматическомъ желобѣ* или *каналѣ*, непосредственно сообщающемся съ водоемомъ, то она стремится сохранять ту скорость, какую она имѣетъ при входѣ въ желобъ: но треніе воды о дно и бока желоба, и сцѣпленіе съ оными постепенно уменьшаетъ ея скорость, и нѣсколько замѣдляетъ переднія части воды; отъ

сего жидкость, на нѣкоторомъ разстояніи отъ водоема, накопляется и возвышается до нѣкотораго предѣла, далѣе коего она начинаетъ постепенно понижаться. Но *если дно желобы наклонно*, то вода получаетъ движеніе *ускорительное*; отъ сего будетъ постепенно уменьшаться глубина потока, ибо въ каждомъ мѣстѣ должно проходить одинакое количество жидкости въ одно и то же время, какова бы ея скорость ни была. Впрочемъ зная количество жидкости, вытекающей изъ водоема, можно всегда призматическому желобу дать такое наклоненіе, чтобы скорость воды, теряемая отъ тренія и другихъ препятствій, вознаграждалась ускореніемъ ея, происходящимъ отъ наклонности дна; и тогда скорость по всему желобу, а слѣдственно и глубина потока будутъ одинаковы.

215. Но ежели и въ семъ случаѣ каналъ не имѣетъ одинакой ширины; то въ узкихъ мѣстахъ вода получаетъ скорость бо́льшую, и возвышается, и въ мѣстахъ широкихъ она движется медленнѣе и понижается: потому что во всѣхъ оныхъ мѣстахъ въ одно время должны проходить одинакія количества воды. Вообще, *скорости бываютъ обратно пропорціональны поперечнымъ сѣченіямъ канала*: ибо, въ $1''$ времени чрезъ поперечное сѣченіе ab (фиг. 109) пройдетъ столбъ воды, имѣющій основаніемъ ab, а длиною — скорость v, то есть,

$$ab.v;$$

чрезъ другое поперечное сѣченіе AB, гдѣ скорость воды $= V$, пройдетъ въ то же время объемъ воды AB.V. Но какъ $ab.v = AB.V$, то

$$v : V = AB : ab.$$

216. Скорость теченія воды не только измѣняется отъ одного мѣста до другаго по длинѣ канала или рѣки,

но она даже не бываетъ одинакова въ одномъ и томъ же его поперечномъ сѣченіи. *Наибольшая скорость воды* бываетъ въ срединѣ текущей воды, недалеко отъ ея поверхности. При поверхности же скорость уменьшается сопротивленіемъ воздуха, а у дна и боковъ треніемъ, сцѣпленіемъ и удареніемъ въ оныя. Дѣйствіе оныхъ препятствій преимущественно обнаруживается при бокахъ наклонныхъ, нежели вертикальныхъ. Ежели бока очень отлоги, то скорость при нихъ бываетъ почти ничтожна,

Ежели на днѣ канала или рѣки находятся ямины, то вода ихъ наполняющая, не имѣетъ движенія.

217. *Для измѣренія скорости воды въ каналахъ и рѣкахъ* находятся многіе способы, изъ коихъ мы приведемъ здѣсь только два. а) Для сей цѣли можно употребить *Питотовъ приборъ*, состоящій изъ жестяной трубки ab (фиг. 110), загнутой подъ прямымъ угломъ; въ короткой ея рукавъ вставляется длинная стеклянная трубка, другой же ея рукавъ дѣлается расширенъ въ видѣ воронки. Весь оный приборъ прикрѣпляется къ длинному деревянному бруску, раздѣленному на дюймы и линіи. Чтобы измѣрить скорость рѣки, опускаютъ въ оную сей приборъ вертикально, направивъ расширенную трубку a прямо противъ теченія воды : тогда вода, входя въ трубку ab съ нѣкоторою скоростью, заставитъ столбикъ воды bm подняться на высоту mn выше поверхности ея въ рѣкѣ Высота mn будетъ та самая, на коей, вода входящая въ ab, пріобрѣла бы ту скорость, если бы падала свободно. Слѣдовательно искомая скорость воды, входящей въ турбку a, будетъ $v = \sqrt{2g . mn}$. — Погружая сей приборъ въ разныхъ мѣстахъ одного и тогоже попе-

речнаго сѣченія рѣки, получатся вообще разныя скорости; а раздѣливъ сумму найденныхъ скоростей на число наблюденій, найдется средняя скорость рѣки.

b) Среднюю скорость рѣки можно опредѣлять еще лучше посредствомъ деревяннаго бруса, коего одинъ конецъ былъ бы окованъ большою массою желѣза, дабы онъ въ водѣ могъ плавать вертикально, на подобіе ареометра. Такой брусъ надлежитъ закинуть въ рѣку, и замѣтить, какое пространство переплыветъ онъ въ данное время; а потомъ раздѣлить сіе пространство на оное время, то и получится средняя скорость рѣки.

Зная среднюю скорость v воды въ $1''$ времени, найдется приблизительно количество Q воды, протекающее въ томъ мѣстѣ чрезъ опредѣленное поперечное сѣченіе A рѣки во время t. Оно будетъ

$$Q = Avt.$$

218. *Ударъ жидкихъ тѣлъ.* — *Прямой ударъ* воды или другой жидкости въ плоскость измѣряется вѣсомъ такого столба сей жидкости, которому основаніемъ служитъ оная плоскость, а высотою — высота свободнаго паденія, соотвѣтственная скорости ударяющей жидкости. На прим. ежели A есть величина ударяемой плоскости, v скорость жидкости, p относительный ея вѣсъ, и h высота свободнаго паденія, по коей получается оная скорость; то изъ $v = \sqrt{2gh}$ найдется $h = \frac{v^2}{2g}$, и слѣдственно сила удара будетъ

$$f = A.h.p = \frac{A.v^2.p}{2g}.$$

Если ударъ происходитъ косвенно въ плоскость A' съ тою же скоростью, то сила удара будетъ

$$f' = \frac{A'.p.v^2 sin^2 a}{2g},$$

гдѣ *a* есть уголъ наклоненія плоскости A' съ направленіемъ ударяющей жидкости.

И такъ ударъ жидкости пропорціоналенъ 1) *величинѣ плоскости ударяемой*, 2) *плотности жидкости*, 3) *квадрату скорости потока*, и 4) *квадрату синуса угла наклоненія*.

Сіи теоретическія выводы довольно хорошо согласуются съ наблюденіями, исключая случай косвеннаго удара, особливо когда уголъ наклоненія очень малъ: обыкновенно сила удара бываетъ болѣе вычисленной, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже вдвое болѣе. О семъ см. ***Bossut. Hydrodynamique***, tom. I. chap. XIII. и въ *Запискахъ о приложеніи началъ механики*, и проч. проф. Чижова. стран. 46.

219. Вода, движущаяся въ ручьяхъ, каналахъ и рѣкахъ, дѣйствуя на ихъ дно и бока, измѣняетъ оныя болѣе или менѣе. Сіе *размывательное дѣйствіе* воды зависитъ: 1) отъ плотности грунта, его крѣпости и относительнаго вѣса; 2) отъ изгибовъ канала или рѣки; 3) отъ скорости движенія воды и ея массы. Всякія обстоятельства, увеличивающія скорость воды, увеличиваютъ ея размывательное дѣйствіе на дно и бока канала; а обстоятельства, уменьшающія скорость, не только уменьшаютъ ея размывательное дѣйствіе, но производятъ то, что изъ воды осаждаются песокъ и другія посторонніе вещества, кои она могли уносить съ собою, и что дно въ сихъ мѣстахъ возвышается. Это случается тамъ, гдѣ рѣка имѣетъ расширѣнія, также при впаденіи оной въ море, и проч. См. ***Essai d'un cours élément. et génér. des sciences***

physique; partie physique, *par Beudant; pag*. 280. *Paris*. 1824.

220. *О волнахъ*. — Когда твердое тѣло падаетъ на поверхность спокойной воды, то около сего мѣста образуются кольцеобразныя волны, состоящія изъ послѣдовательныхъ возвышеній (валовъ) и углубленій, и распространяющіяся единообразно во всѣ стороны. Въ поперечномъ разрѣзѣ цѣлая волна, направленная по горизонту воды въ сторону *ac*, представляется въ видѣ кривой линіи *anoc* (фиг. 111) : ея часть *boc* представляетъ возвышеніе или валъ, *anb* — углубленіе; *oc* есть передняя часть вала, *ob* — его задняя часть; *nb* передняя часть углубленія, *an* — задняя часть онаго; *a* — начало волны, *c* — окончаніе оной; наибольшее возвышеніе *op* вала надъ поверхностію *ac* называется *высотою* волны, а наибольшее пониженіе *mn* называется *глубиною* волны, *mn* + *op* *высотою всей волны*; *ab* — ширина углубленія, *bc* — ширина вала, *ac* — *ширина цѣлой волны*. Кривизна поверхности вала не бываетъ одинакова съ кривизною углубленія; даже задняя часть вала (а также и углубленія) не бываетъ подобна передней.

Ежели волны встрѣчаютъ на пути своемъ плавающее тѣло, то возвышаютъ и понижаютъ оное, но не сообщаютъ ему поступательнаго движенія. Волны, произведенные на поверхности текущей воды (на прим. въ рѣкѣ), распространяются по оной безъ всякаго измѣненія, и въ тоже время имѣютъ поступательное движеніе одинакое со всею массою воды. — Колебательное движеніе волнъ простирается иногда до значительной глубины, какъ то бываетъ при сильномъ волненіи рѣкъ и морей.

221. Распространеніе волнъ происходитъ слѣдующ. образомъ. Во время паденія тѣла на поверхность воды въ точкѣ *a* (фиг. 112) происходитъ въ ономъ мѣстѣ быстрое пониженіе части ударенной воды, отъ коего поднимается ближайшій слой *am* воды; произшедшій валъ *am*, упадая, производитъ углубленіе, и съ одной стороны заставляетъ воду подняться въ центрѣ волны, а съ другой — подниметъ слѣдующій слой *mn* воды отъ коего произойдетъ второй валъ; при пониженіи сего вала поднимется слой *no*, и т. д. Изъ сего видно что *движущая сила*, посредствомъ коей волны распространяются, заключается въ передней части вала. Внимательное разсматриваніе показываетъ, что во время происхожденія самой первой волны, видимы бываютъ многія концентрическія волны различной величины, такъ что *отъ мгновеннаго удара всегда происходитъ нѣсколько волнъ.* (*)

(*) Аналитическія изслѣдыванія Пуассона показали, что во время таковаго удара образуется множество волнъ двухъ видовъ: *первыя* распространяются движеніемъ равномѣрно-ускорительнымъ и широты ихъ возрастаютъ пропорціонально квадратамъ временъ; *вторыя* же распространяются равномѣрно, со скоростію пропорціональною корню квадратному изъ діаметра мѣста ударепнаго. Высоты первыхъ уменьшаются въ обратномъ содержаніи квадратовъ временъ, когда онѣ распространяются въ ограниченномъ пространствѣ, и въ обратномъ содержаніи четвертыхъ степеней временъ, когда жидкость свободна со всѣхъ сторонъ; высоты же вторыхъ убываютъ въ обратномъ содержаніи первыхъ степеней или корней квадратныхъ изъ временъ, смотря потому бываетъ ли жидкость свободна или содержится въ узкомъ каналѣ.

222. Ежели волны, распространяющіяся отъ двухъ центровъ, встрѣчаются между собою, то онѣ 1) послѣ своего пересѣченія раздѣляются, и каждая слѣдуетъ по своему направленію, не измѣняя своего движенія; 2) во всякомъ мѣстѣ, гдѣ встрѣчаются двѣ равныя возвышающіяся волны, образуется одно возвышеніе почти вдвое бо́льшее; 3) при пересѣченіи двухъ углубленій образуется одно гораздо бо́льшее; 3) а когда углубленіе одной волны встрѣчается съ равносильнымъ возвышеніемъ другой, то онѣ, при взаимномъ ихъ пересѣченіи, уничтожаются.

223. Когда волны встрѣчаютъ неподвижную плоскость MN, то отражаются отъ оной; отъ чего образуются новыя волны, коихъ центръ o' находится позади сей плоскости, и на такомъ же разстояніи, на какомъ центръ ударяющихъ волнъ находится передъ плоскостью (фиг. 112).

224. Ежели волны, расходящіяся отъ центра o (фиг. 113), встрѣчаютъ плоскость MN, имѣющую отверстіе AB; то часть, вошедшая въ отверстіе, распространяется за плоскость, не измѣняя своего движенія: сверхъ сего около краевъ A, B, какъ около центровъ, составятся новыя волны, кои, взаимно пересѣкаясь, въ извѣстныхъ точкахъ усиливаются, въ другихъ ослабѣваютъ, или совсѣмъ уничтожаются. При семъ открывается, что *подобныя точки пересѣченія* (т. е. или наибольшія возвышенія, или наибольшія углубленія) *лежатъ на гиперболическихъ кривыхъ линіяхъ*, какъ показываетъ фигура. Теорія волнъ составляетъ труднѣйшую задачу въ физической механикѣ; о семъ подробно можно читать Théorie des ondes, par Poisson. In Mém. de l'Acad. T. I. 1816; или еще лучше Wellenlehre auf

Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten u. s. w. von den Brüdern E. H. Weber und W. Weber. Leipz. 1825. 8°.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

О ТѢЛАХЪ ВОЗДУХООБРАЗНЫХЪ ВООБЩЕ.

225. Древніе философы, занимаясь преимущественно умозрѣніями, нежели опытными изслѣдываніями, имѣли самыя ограниченныя и темныя понятія о тѣлахъ природы. Исторія физики показываетъ, что ученые только въ 17-мъ вѣкѣ начали различать отъ воздуха другія тѣла ему подобныя. Въ 18-мъ и настоящемъ вѣкахъ Химики, занимаясь съ неутомимою дѣятельностію испытаніемъ тѣлъ природы, открыли существованіе весьма многихъ воздухообразныхъ жидкостей, каковы газы кислородный, водородный, азотный, хлорный, углекислый, аммiаковый, и проч., изъ коихъ нѣкоторые щитаются *простыми*, а другіе *сложными*.

Тѣла воздухообразныя раздѣляются на пары и газы. *Парàми* называются такія жидкости, кои, при обыкновенномъ давленіи атмосфернаго воздуха, могутъ собою наполнять данное пространство до такой степени, что отъ малѣйшаго охлажденія и отъ малѣйшаго приращенія давленія начинаютъ уже переходить въ капельныя жидкости. Но когда *газъ* при тѣхъ же обстоятельствахъ переходитъ въ данное пространство и наполняетъ оное, то можетъ выдержать еще сильное охлажденіе и большое давленіе, не переходя въ капельное состояніе. Мы сначала будемъ говорить объ общихъ

свойствахъ и механическихъ дѣйствіяхъ газовъ, а послѣ сего — о парахъ.

226. Изъ природы и отношенія силъ, дающихъ тѣлу воздухообразное состояніе (104) можно видѣть, 1) что сіи тѣла *тяжелы*; ибо притяженіе есть врожденное свойство матеріи: сверхъ сего, отъ взаимнаго соединенія оныхъ тѣлъ образуются сложныя тѣла иногда капельныя, иногда твердыя, наприм. газъ кислородный съ водороднымъ составляетъ воду, кислородъ съ азотомъ — селитреную кислоту, газъ аммiаковый съ газомъ соленой кислоты — нашатырь, и проч. 2) *Части оныхъ тѣлъ совершенно удобо-подвижны*; ибо онѣ находятся на такихъ большихъ разстояніяхъ, на коихъ форма и природа ихъ не имѣетъ уже никакого примѣтнаго вліянія какъ на взаимное ихъ притяженіе, такъ и на свободное дѣйствіе теплорода (*). 3) Но ежели сіи части не имѣютъ примѣтнаго вліянія на свободное дѣйствіе теплорода, то всѣ газы и пары должны по одному закону расширяться отъ нагрѣванія и сжиматься отъ охлажденія. 4) Тѣла сіи должны быть *удобо-сжимаемы* и притомъ *совершенно упруги*; ибо, при сжиманіи оныхъ, сила расширительная теплорода будетъ увеличиваться быстрѣе нежели взаимное притяженіе между ихъ частицами, а потому она заставитъ воздухообразное тѣло расшириться и получить прежній объемъ, когда внѣш-

(*) Извѣстно, наприм., что 1700 кубич. дюймовъ паровъ воды, бывъ сгущены въ капельное состояніе, даютъ только 1 куб. дюймъ капельной воды, которой части еще весьма удобоподвижны; извѣстно также, что для составленія 1 куб. дюйма капельной воды надлежитъ соединить 621 куб. дю. газа кислороднаго съ 1242 куб. дюймами газа водороднаго, и проч.

нее давленіе перестанетъ на оное дѣйствовать. 5) Всѣ воздухообразныя тѣла, взятыя въ одинакихъ объемахъ и при одинакихъ обстоятельствахъ, отъ дѣйствія одной и той же силы давленія должны сжиматься на одинакое количество; ибо оная сила будетъ преодолѣвать силу теплорода, въ одинакой степени дѣйствующаго. 6) Давленіе производимое на массу газа, по упругости его, должно предаваться во всѣ стороны безъ потери.

Но чтобы твердо увѣрить себя въ дѣйствительности оныхъ свойствъ, мы возмемъ въ разсмотрѣніе атмосферный воздухъ, который объемлетъ весь Земной шаръ, и служитъ для поддержанія жизни органическихъ существъ. Познаніе свойствъ и механическихъ дѣйствій воздуха съ одной стороны весьма любопытно, ибо Земная атмосфера представляетъ намъ великое зрѣлище важнѣйшихъ и ближайшихъ къ намъ явленій; а съ другой стороны оно ведетъ къ познанію оныхъ свойствъ въ другихъ газахъ; оно даже необходимо, потому что въ изслѣдыванія другихъ газовъ всегда вмѣшиваются механическія дѣйствія воздуха, кои посему нужно знать напередъ, и принимать оныя въ соображеніе, безъ чего нельзя получить точныхъ выводовъ.

Объ атмосферномъ воздухѣ.

227. Воздухомъ называется весьма тонкая, невидимая, тяжелая и упругая жидкость, которая окружаетъ нашу землю со всѣхъ сторонъ и составляетъ около нее слой высотою до 49 верстъ. Онъ состоитъ изъ 21 части газа кислороднаго, 79 азота, весьма малаго количества газа углекислаго и изъ непостояннаго коли-

чества газа углекислаго и изъ непостояннаго количества водяныхъ паровъ.

228. *Тяжесть воздуха.* — Открытіе тяжести воздуха приписываютъ Италіанскому ученому Галилею (1640 года). О величинѣ давленія имъ производимаго получили понятіе изъ опытовъ Торичеллія Галилеева ученика (1643 года), и опытовъ Паскаля (1649 года). Но съ 1654 года, когда *Отто де Герике* Магдебургскій Бургомистръ изобрѣлъ *воздушный насосъ*, служащій для вытягиванія воздуха изъ сосудовъ, то узнали, что воздухъ имѣетъ вѣсъ и можетъ быть взвѣшиваемъ на вѣсахъ; что онъ производитъ на тѣла извѣстное давленіе по всѣмъ направленіямъ; что онъ имѣетъ совершенную упругость, и проч. Въ самомъ дѣлѣ, возмемъ большой шаръ, выдутый изъ стекла, и запираемый желѣзнымъ или мѣднымъ краномъ; привинтимъ его къ тарелкѣ воздушнаго насоса, и вытянемъ изъ него воздухъ; потомъ, закрывъ его кранъ, отвинтимъ шаръ, и свѣсимъ на хорошихъ вѣсахъ; послѣ сего впустимъ въ него воздухъ открывши кранъ, и опять свѣсимъ: то найдется, что въ послѣднемъ случаѣ онъ будетъ вѣсить болѣе, нежели въ первомъ. Слѣдственно воздухъ, впущенный въ шаръ, имѣетъ вѣсъ.

Еслибы, свѣсивъ шаръ пустой, мы наполнили его какимъ нибудь инымъ газомъ или парами, и снова свѣсили; то узнали бы, что каждый газъ имѣетъ вѣсъ большій или меньшій воздуха, смотря по его плотности. А сіе показываетъ, что какъ воздухъ, такъ и прочіе газы и пары подлежатъ дѣйствію силы тяжести

229. *Давленіе воздуха.* — *Воздухъ*, имѣя вѣсъ, подобно капельнымъ жидкостямъ, *производитъ на тѣла давленіе*

по всѣмъ направленіямъ. Множество опытовъ находится для подтвержденія оной истины. 1) Ежели изъ подъ стекляннаго колокола вытягивать воздухъ посредствомъ воздушнаго воздуха, то сей колоколъ весьма крѣпко пристаетъ къ тарелкѣ насоса. 2) Давленіемъ воздуха можно продавить ртуть сквозь дерево. 3) Магдебургскія металлическія полушарія (вездѣ находящіяся въ физическихъ кабинетахъ), будучи плотно сложены и привинчены къ тарелкѣ воздушнаго насоса, при вытягиваніи воздуха между ими находящагося, такъ крѣпко слипаются отъ давленія внѣшняго воздуха, что съ большимъ трудомъ раздѣлить ихъ можно. Въ семъ состояніи, ежели закрыть ихъ трубку краномъ, и отвинтить отъ воздушнаго насоса, то онѣ при всѣхъ возможныхъ положеніяхъ столь же крѣпко будутъ держаться между собою: а сіе показываетъ, что давленіе воздуха происходитъ со всѣхъ сторонъ. 4) Ежели изъ длиннаго стекляннаго колокола, поставленнаго на мѣдную тарелку, сквозь которую проходитъ трубка закрываемая краномъ, (фиг. 114), вытянуть воздухъ; потомъ опустить сей приборъ своею трубкою въ сосудъ съ водою, и открыть кранъ: то внѣшнимъ давленіемъ воздуха, вода будетъ по трубкѣ вгоняться въ колоколъ, и бить въ видѣ фонтана. 5) Давленіемъ атмосферы поднимается вода въ ливерахъ, насосахъ; оно же способствуетъ животнымъ пить, сосать, глотать, и проч.

230. *Мѣра атмосфернаго давленія.* — Ежели взять стеклянную трубку длиною въ 3 фута, съ одного конца запаянную, и, наполнивъ оную ртутью, закрыть рукою ся отверстіе, потомъ поворотить онымъ внизъ и опустить въ чашечку со ртутью: то увидимъ, что столбикъ ртути въ ней только нѣсколько понизится, и

остановится на высотѣ около 28 Франц. дюймовъ (или 0,76 метра) выше поверхности ртути въ чашечкѣ, оставивъ надъ собою безвоздушную пустоту (фиг. 115). Это явленіе произходитъ всегда, какъ бы ни была широка или длинна трубка: а сіе показываетъ, что оно зависитъ отъ давленія воздуха на поверхность ртути въ чашечкѣ, которое передается ртути внутри трубки. Такое же явленіе можно произвести употребляя воду; только въ семъ случаѣ надлежитъ употребить трубку болѣе 32 футовъ. Наприм. еслибы мы взяли трубку въ 35 футовъ, и, наполнивъ ее водою, опустили также отверстіемъ вертикально въ воду, то она въ ней понизилась бы и остановилась на высотѣ на высотѣ около 32 футовъ, т. е. почти въ 13,6 разъ большей. — Описанная нами трубка со ртутью называется *Торричелліевою*, а безвоздушное пространство въ ней надъ ртутью — *Торичелліевою пустотою*, по имени Торичеллія, который въ первый разъ произвелъ сей опытъ 1643 года, и чрезъ то увѣрилъ всѣхъ, что воздухъ производитъ давленіе.

Торичелліевъ опытъ не только показываетъ давленіе воздуха, но подаетъ возможность измѣрять оное и опредѣлять всѣ малѣйшія измѣненія онаго: ибо изъ закона равновѣсія разнородныхъ жидкостей (здѣсь воздуха и ртути) видно, что внѣшній воздухъ на поверхность ртути въ чашечкѣ производитъ давленіе, равное вѣсу столба ртути, имѣющаго основаніемъ оную поверхность, а высотою 28 фр. дюймовъ. Посему-то оный приборъ и получилъ названіе *барометра*, т. е. измѣрителя давленія воздуха.

231. *Барометръ.* — *Для* построенія хорошаго барометра берутъ стеклянную трубку въ 30 или болѣе

франц. дюймовъ длиною и около 3 линіи въ діаметрѣ, запаянную съ одного конца, и имѣющую по всюду довольно равный внутренній діаметръ. Въ сію трубку наливають по немногу совершенно чистой ртути (*), и каждый разъ нагрѣваютъ оную въ ней до кипѣнія : посредствомъ сего нагрѣванія отдѣлится воздухъ находящійся внутри ртути, также отдѣлится воздухъ и тончайшій слой влаги, всегда прилипающіе къ внутреннимъ стѣнкамъ трубки (**). Когда трубка совершенно наполнена, то закрываютъ ея конецъ рукою, и, поворотивъ онымъ внизъ, опускаютъ въ чашечку со ртутью : тогда, какъ извѣстно, ртуть въ трубкѣ понизится и остановится на высотѣ около 28 фр. дюймовъ или 0,76 метра (фиг. 116). Такъ какъ столбъ ртути въ 28 дюймовъ поддерживается давленіемъ воздуха, и производитъ съ нимъ равновѣсіе, то его длина и показываетъ намъ количество пропорціональное давленію атмосферы. Для измѣренія высоты оной длины прикрѣпляютъ барометрическую трубку съ своею чашечкою къ деревянной доскѣ, или еще лучше вставляютъ ее твердо въ мѣдную трубку, на коей въ верхней части дѣлается вырѣзъ, дабы можно было видѣть конецъ столбика ртути. На сей трубкѣ назначается размѣръ въ дюймахъ и линіяхъ (либо въ центиметрахъ и миллиметрахъ), и *нуль дѣленія ставится при поверхности*

(*) Ртуть неочищенная всегда содержитъ въ себѣ посторонніе металлы; почему ея плотность бываетъ различна отъ плотности чистой ртути.

(**) Въ противномъ случаѣ воздухъ и пары стали бы освобождаться въ барометрическую пустоту, и своею упругостію понижать болѣе или менѣе столбикъ ртути въ барометрѣ.

ртути въ чашечкѣ. Чашечка сверху заклеивается или скважистою кожею или проклееным полотномъ, такъ чтобы одинъ только воздухъ могъ свободно проходить сквозь оное. Дно у чашечки дѣлается изъ замши, дабы можно было оное немного поднимать и опускать посредствомъ винта, подъ нимъ находящагося, и такимъ образомъ во время наблюденій приводить поверхность ртути къ нулю дѣленія. А дабы видѣть горизонтъ ртути, то всего удобнѣе дѣлать чашечку стеклянную. Лучшее устроеніе барометровъ такого рода показано Парижскимъ механикомъ *Фортенемъ*. Такіе барометры у насъ дѣлаются на Ижерскихъ Адмиралтейскихъ заводахъ близъ С. Петербурга.

232. Но чтобы наблюденія барометрическія могли быть между собою сравниваемы, то *надлежитъ всегда приводить оныя къ температурѣ нуля градусовъ*. Ибо ртуть расширяется отъ нагрѣванія и сжимается отъ охлажденія : отъ сего произходитъ, что, хотябы давленіе воздуха и не перемѣнилось, столбикъ ртути въ барометрѣ въ первомъ случаѣ будетъ стоять выше, нежели во второмъ. Пусть h есть высота столба ртути, замѣченная при температурѣ $t°$; пусть x есть высота онаго при $0°$, $a = \frac{1}{5550}$ = кубич. расширѣніе ртути на каждый градусъ Ц. термометра; то мы знаемъ (109), что

$$h = x(1 + at)\text{; откуда}$$

$$x = \frac{h}{1 + at}.$$

Пусть $h = 0{,}762$ метра, $t = 22°$; то найдется $x = 0{,}759$ мет. Для измѣренія оныхъ температуръ при всякомъ хорошемъ барометрѣ придѣлывается вѣрный термометръ.

Поправленная такимъ образомъ высота столба ртути не будутъ еще во всей точности показывать намъ истинное давленіе воздуха, но только разность между симъ давленіемъ и дѣйствіемъ волосной трубки, отъ коего всегда столбикъ ртути въ стеклянной трубкѣ нѣсколько понижается. По сему къ наблюденной высотѣ столба ртути надобно еще придавать пониженіе оной отъ дѣйствія волосности, къ чему служитъ слѣдующая таблица, вычисленная *Бувардомъ*.

Въ миллиметрахъ:

Діаметръ трубки.	Пониженіе ртути.	Діаметръ трубки.	Пониженіе ртути.
21	0,030	11	0,354
20	0,038	10	0,435
19	0,049	9	0,562
18	0,064	8	0,712
17	0,083	7	0,909
16	0,107	6	1,171
15	0 ,137	5	1,534
14	0,176	4	2,068
13	0,223	3	2,918
12	0,281	2	4,454.

233. *Барометръ сифонный.* — *Для* избѣжанія волоснаго дѣйствія барометрическихъ трубокъ дѣлаются *барометры сифонные* безъ чашечекъ, (фиг. 117). Для сего берутъ стеклянную трубку длиною до 35 дюймовъ загибаютъ оную на лампѣ близъ одного конца наподобіе сифона, а другой конецъ запаиваютъ. Потомъ наполняютъ оную чистою ртутью, какъ выше видѣли, и поворачиваютъ запаяннымъ концомъ вверхъ : тогда въ длинномъ рукавѣ ртуть нѣсколько понизится, пе-

рейдя въ коротпкій рукавъ. Ежели сію трубку прикрѣпить къ доскѣ, имѣющей неподвижную мѣдную линейку *mn* съ размѣромъ на дюймы и линіи, то барометръ и будетъ готовъ. Въ семъ барометрѣ начало размѣра щитается отъ поверхности ртути въ короткомъ рукавѣ. Волосное дѣйствіе трубки здѣсь не имѣетъ вліянія на высоту стоянія ртути : ибо, на сколько оно стремится понизить ртуть въ длинномъ рукавѣ, на столько же и въ короткомъ.

Фиг. 118 представляетъ сифонный барометръ, усовершенствованный *Гей-Люсакомъ*. Онъ состоитъ изъ двухъ трубокъ AB, CD одинакаго діаметра, сообщающихся между собою весьма волосною трубочкою BD. Концы A и C трубокъ запаяны; только на трубочкѣ CD находится тончайшее отверстіе *o*, посредствомъ коего воздухъ можетъ входить въ нее и дѣйствовать на поверхность ртути; ртуть же не можетъ проходить сквозь оное. Сей барометръ весьма удобенъ для путешественниковъ; ибо его можно вставить въ трость и такимъ об. переносить изъ одного мѣста въ другое; его можно наклонять и переворачивать, не опасаясь, чтобы воздухъ вошелъ въ трубку AB. Парижскій механикъ *Бюнтанъ* недавно доставилъ еще болѣе усовершенствованія оному барометру.

Барометръ имѣетъ весьма многія употребленія, о коихъ мы увидимъ въ своемъ мѣстѣ. Здѣсь замѣтимъ только, что *средняя высота барометра* при поверхности океана найдена изъ наблюденій равною 0,7629 метра или 28 фр. дюймовъ + 2,2 линіи.

Французы принимаютъ за среднюю высоту барометра 0,76 метра.

234. *Сжимаемость воздуха.* — Воздухъ (и другіе газы)

весьма удобно сжимается отъ давленія на него внѣшнихъ силъ. Ежели въ стеклянную или мѣдную трубку ABCD (фиг. 119) вложимъ поршень CD, и давить онымъ воздухъ въ сей трубкѣ находящійся, то можно его сжать въ объемъ вдвое или втрое меньшій. Изъ сего уже видно, что въ данномъ сосудѣ всегда можно помѣстить воздуха вдвое, втрое и т. д. болѣе, нежели сколько онъ можетъ въ себѣ онаго содержать при обыкновенныхъ обстоятельствахъ. Это и дѣйствительно произвести можно съ помощію *сгустительнаго насоса* (фиг. 120), который состоитъ изъ мѣдной трубы AB, имѣющей въ B малое отверстіе, и могущій концомъ своимъ A привинчиваться къ отверстію какого нибудь сосуда. Отверстіе A оной трубы закрывается клапаномъ, который можетъ пропускать воздухъ идущій изъ трубы, но непропускаетъ его назадъ. Въ трубѣ находится сплошной поршень, плотно прилегающій къ ея стѣнкамъ. Привинтивъ оный поршень къ отверстію сосуда M, ежели поднять поршень выше отверстія B, то воздухъ тотчасъ войдетъ въ трубку посредствомъ онаго : а когда поршень подвинемъ къ A, то колонна воздуха AB вся перейдетъ въ сосудъ M. Поднявъ опять поршень выше B, снова пространство AB наполнится воздухомъ посредствомъ отверстія B, а опустивъ его до A, мы еще помѣстимъ въ сосудѣ объемъ AB воздуха, и т. д. Такимъ же образомъ можно въ сосудѣ M сгущать какой нибудь газъ : для сего стоитъ только къ отверстію B привинтить мѣдную трубку B, запираемую своимъ краномъ, и сообщающуюся съ животнымъ пузыремъ, содержащимъ какой нибудь газъ.

235. *Упругость воздуха.* — Въ то время, какъ сгу-

щается воздухъ въ какомъ нибудь сосудѣ, сила расширительная теплорода, дѣйствующая между его частями также увеличивается, и при томъ тѣмъ болѣе, чѣмъ большую онъ получаетъ густоту при той же температурѣ. Отъ дѣйствія оной силы въ воздухѣ обнаруживается *упругость*, ибо онъ безпрестанно стремится расшириться и получить свой прежній объемъ, и дѣйствительно получаетъ оный, когда внѣшнее давленіе прекращается. Ежели сгущенный воздухъ будетъ заключенъ въ какомъ нибудь сосудѣ, то онъ производитъ давленіе на его стѣны во всѣ стороны съ равною силою, и можетъ сей сосудъ разорвать, если онъ не имѣетъ достаточной крѣпости. На семъ свойствѣ воздуха основывается устроеніе Геронова шара, Геронова фонтана, гидростатическихъ лампъ, духоваго ружья, мѣховъ и проч.

Героновъ шаръ состоитъ изъ желѣзнаго сосуда (фиг. 121), имѣющаго вверху узкое отверстіе, въ которое ввинчивается трубка съ обоихъ концовъ открытая, и со внѣшняго конца запираемая краномъ. Ежели въ сей сосудъ налить воды до половины, и потомъ сгустить въ немъ воздухъ помощію сгустительнаго насоса; то сей воздухъ, упругостію своею давя на воду, будетъ выгонять оную по трубкѣ въ видѣ сильнаго фонтана.

Изъ предъидущаго видно, что *воздухъ, сжимаемый внѣшнею силою, будетъ уменьшаться въ объемѣ до тѣхъ поръ, пока его упругость сдѣлается равна оной силѣ.*

236. Всякая масса обыкновеннаго воздуха, взятая при земной поверхности, будучи подвержена давленію атмосферы, также должна находиться въ извѣстной степени сгущенія и имѣть такую упругость, которая бы

равна была оному давленію. И дѣйствительно, ежели будемъ уменьшать сіе давленіе надъ какою ни есть частію воздуха или другаго газа, то онъ оказываетъ всю силу разширѣнія, которая съ онымъ давленіемъ находилась въ равновѣсіи, въ чемъ удостовѣряютъ насъ многіе опыты : 1) Ежели въ тонкой стеклянной баночкѣ заключить воздухъ, и, поставивъ оную подъ колоколъ воздушнаго насоса, вытянуть надъ нею воздухъ, то она разрывается упругостію находившагося въ ней воздуха; ибо сія упругость не будетъ уравновѣшиваться внѣшнимъ давленіемъ атмосферы. 2) Ежели подъ колоколъ воздушнаго насоса внести живопиный пузырь, содержащій въ себѣ малое количество воздуха и крѣпко завязанный; то, при вытягиваніи надъ нимъ воздуха, сей пузырь будетъ надуваться отъ разширѣнія содержащагося въ немъ воздуха съ такою силою, что можетъ при поднимать большія гири. 3) Слѣдующій опытъ показываетъ, что сила упругости обыкновеннаго воздуха равняется давленію атмосферы. Для сего берется небольшая скляночка, наполненная до половины ртутью; въ нее вставляется стеклянная трубка въ 30 дюймовъ длиною такъ плотно, чтобы воздухъ не могъ выходить изъ скляночки. Приборъ сей ставятъ на тарелку воздушнаго насоса, закрываютъ стекляннымъ колпакомъ, и вытягиваютъ воздухъ : тогда воздухъ, находящійся въ скляночкѣ, начнетъ разширяться, и заставитъ ртуть подняться въ трубкѣ почти на 28 дюймовъ, (фиг. 122). А сіе показываетъ, что упругость его равна внѣшнему давленію атмосферы.

237. *Законъ сгущенія воздуха и газовъ.* — *Воздухъ сжимается всегда пропорціонально давленію на него производимому, и слѣдственно получаетъ объемъ обратно-*

пропорціональный давленію, т. е. тѣмъ меньшій, чѣмъ давленіе больше. Законъ сей открытъ *Боилемъ* и *Маріоттомъ* слѣдующимъ образомъ. Для сего берется стеклянная трубка, изогнутая на подобіе сифона (фиг. 123), такъ чтобы ея два рукава были параллельны и одинъ короче другаго; короткій рукавъ запаянъ, а длинный открытъ. Потомъ въ сію трубку вливается столько ртути, чтобы она заняла изгибъ AB, и заключила воздухъ въ короткомъ рукавѣ BC. Послѣ сего наливаютъ ртути въ длинный рукавъ до тѣхъ поръ, пока ея давленіемъ воздухъ въ BC сожмется и займетъ объемъ $CD = \frac{1}{2}BC$; тогда столбъ ртути FD', стоящій въ длинномъ рукавѣ, выше поверхности DD', будетъ высотою въ 28 дюймовъ. Въ семъ случаѣ воздухъ въ BC занялъ объемъ вдвое меньшій отъ давленія внѣшняго воздуха и отъ давленія столба ртути высотою въ 28 дюймовъ, которое также равно давленію атмосферы. — Ежели еще налить ртути столько, чтобы воздухъ въ короткомъ рукавѣ занялъ объемъ $CE = \frac{1}{3}CB$, то столбъ ртути $E'G$ въ длинномъ рукавѣ будетъ высотою въ $2 \times 28 = 56$ дюймовъ. Здѣсь сжатіе воздухавъ объемъ втрое меньшій произошло отъ давленія трехъ атмосферъ, и т. д. Опытъ сей ясно доказываетъ, что воздухъ сжимается пропорціонально давленію. Но какъ во время равновѣсія, давленіе равняется силѣ упругости; то видно, что и *упругость воздуха увеличивается пропорціонально давленію*. А поелику плотности тѣлъ, имѣющихъ, одинакій вѣсъ обратно пропорціональны объемамъ, то слѣдуетъ также, что и *плотность сжимаемаго воздуха увеличивается пропорціонально давленію*.

Сей Маріоттовъ законъ имѣетъ мѣсто при всякихъ

температурахъ, какъ показываютъ многіе опыты Гг. Дюлонга и Пти. Онъ также точенъ въ обширныхъ предѣлахъ: Гг. Араго и Дюлонгъ повѣряли его до 27, а Ерштедъ — до 66 атмосферъ давленія.

Сему же закону сгущенія подлежатъ и прочіе газы: ибо, если пространство BC Маріоттовой трубки наполнить газомъ водороднымъ или углекислымъ, или инымъ, при обыкновенномъ давленіи атмосферы, и повторить надъ нимъ тотъ же опытъ, то увидимъ, что всякой газъ будетъ сжиматься пропорціонально давленію. Впрочемъ, упругость и плотность газа увеличивается по оному закону только до тѣхъ поръ, пока онъ еще не началъ переходить въ капельное состояніе. Когда же газъ, въ слѣдствіе сильнаго давленія, достигнетъ онаго предѣла, то его сила упругости дѣлается постоянною; и приращеніе давленія будетъ только уменьшать объемъ газа, переводя часть онаго въ капельную жидкость; таковы газы хлорный, сѣрнисто-водородный, углекислый, амміаковый, и проч. Открытіе сгущенія газовъ до капельнаго состоянія принадлежитъ Фарадею, Деви и Бюсси.

238. Сжатіе воздуха, подверженнаго давленію, служитъ обратно для точнаго опредѣленія самой силы давленія. Для сего употребляются особые приборы, называемые *манометрами*. Самой простѣйшій изъ нихъ состоитъ изъ узкой прямой хорошо калиброванной трубки *mn* (фиг. 124), запаянной съ одного конца, въ которой посредствомъ капли *m* ртути заключенъ воздухъ, и имѣющей при себѣ точный размѣръ съ весьма мелкимъ дѣленіемъ для измѣренія сжатія воздуха. Такой манометръ вставляется въ сосудъ, въ которомъ какой

нибудь газъ или другая жидкость подвергается давленію, шакъ чтобы сила давленія свободно передавались каплѣ ртути. Положимъ, что отъ дѣйствія давленія капля m подвинулась къ n на столько, что заставила воздухъ въ mn занять объемъ $= \frac{1}{20} mn$; изъ сего заключить должно, что величина давленія $=$ 20 атмосферамъ. Сіе-то орудіе послужило Ерштеду, Колладону и Штруму для опредѣленія тѣхъ давленій, коимъ они подвергали воду и другія капельныя жидкости, при изслѣдываніи сжимаемости оныхъ отъ дѣйствія внѣшнихъ силъ.

239. Законъ сжатія воздуха показываетъ намъ, что всякой газъ, взятый подъ давленіемъ атмосфернаго воздуха, не будетъ имѣть постояннаго объема, если будетъ измѣняться оное давленіе. При физическихъ изслѣдываніяхъ часто нужно бываетъ приводить объемъ газа къ постоянному, и имянно къ *среднему давленію* атмосферы, которое $=$ 0,76 метра. Положимъ, что масса газа имѣетъ объемъ 150 кубич. дюймовъ подъ давленіемъ атмосферы 0,74 метра, а мы желалибы знать его объемъ при 0,76 мет. давленія; то зная, что объемы газа обратно пропорціональны давленіямъ, изъ пропорціи

$$150 : x = 0{,}76 : 0{,}74,$$ найдется

искомый объемъ $$x = \frac{150 \cdot 0{,}74}{0{,}76} = 146$$ куб. дюйм.

240. *О насосахъ.* — На выше-разсмотрѣнныхъ нами свойствахъ воздуха основывается устроеніе различнаго рода насосовъ, кои служатъ для вытягиванія воздуха для различныхъ цѣлей.

a. *Всасывающій насосъ* состоитъ изъ двухъ трубъ, широкой AB (фиг. 125) и узкой Dn, соединенныхъ ме-

жду собою. Въ широкой трубѣ ходитъ *поршень p*, приводимый въ движеніе силою, дѣйствующею на его стержень R. Въ поршнѣ находится сквозное отверстіе закрываемое сверху клапаномъ *m*; узкая трубка D*n* также закрывается сверху клапаномъ *n*. Сей насосъ употребляется для подниманія воды слѣдующимъ образомъ : опустивъ трубу D*n* въ воду, поднимаютъ поршень *p* вверхъ; въ сіе время въ пространствѣ *p*CB дѣлается *пустота*; воздухъ, содержащійся въ D*n*, упругостію своею отворитъ клапанъ *n* и разрѣдится по всему пространству *pp*D; онъ, сдѣлавшись рѣже, будетъ менѣе давить на воду, зашедшую въ трубу, нежели внѣшній; посему внѣшнее давленіе воздуха заставитъ воду подниматься по трубѣ D*n* и зайти въ пространство BC*p*; послѣ сего клапанъ *n* закроется и заключитъ воду зашедшую въ оное пространство. При опусканіи поршня внизъ, вода поднятая отворитъ клапанъ *m*, перейдетъ за поршень, и своимъ давленіемъ затворитъ оный. Поднимая поршень снова и опуская, тѣже дѣйствія будутъ повторяться; вода надъ поршнемъ будетъ накопляться болѣе и болѣе, дойдетъ до отливной трубы S, и оною будетъ изливаться куда слѣдуетъ. Чтобы сей насосъ могъ поднимать воду, нужно, чтобы разстояніе D*n* поверхности воды до основанія широкой трубы было менѣе 32 Франц. футовъ; ибо давленіе воздуха равняется вѣсу столба воды въ 32 фута.

b) *Воздушный насосъ* есть ничто иное, какъ всасывающій насосъ ABCDE (фиг. 126), коего узкая трубка DE загнута вверхъ, и сообщается съ мѣднымъ кругомъ GH, называемымъ тарелкою, на который ставится какой нибудь сосудъ M для вытягиванія изъ него воз-

духа. При немъ находится кранъ *x* для впусканія воздуха, и пробный барометръ. Сей послѣдній состоитъ состоитъ изъ трубки L, опущенной въ чашечку со ртутью, и своимъ верхнимъ концомъ сообщается съ трубкою E; онъ показываетъ, довольно-ли воздуха бываетъ вытянуто изъ сосуда. Дѣйствіе онаго насоса весьма просто: когда поднимается поршень *p*, то въ пространствѣ BC*p* дѣлается пустота; воздухъ трубы DE, сосуда M и трубки L своею упругостію отворитъ клапанъ *n*, часть его перейдетъ въ широкую трубу, и тогда сей клапанъ затворится; слѣдственно въ пространствѣ DEML сдѣлается воздуха менѣе. Опуская поршень *p*, мы будемъ сгущать воздухъ, перешедшій въ пространство BC*p*; отъ чего онъ своею упругостію отворитъ клапанъ *m*, и выйдетъ изъ трубы вонъ. Опуская и поднимая поршень, можно почти весь воздухъ изъ сосуда вытянуть. При семъ вытягиваніи ртуть въ барометрической трубкѣ L постепенно поднимается выше. Если бы она поднялась такъ высоко, какъ высоко стоитъ ртуть въ барометрѣ, то весь воздухъ былъ бы вытянутъ изъ сосуда M. Впрочемъ до такой степени никогда нельзя посредствомъ насоса разрѣдить воздухъ: довольно и того, ежели между показаніями пробнаго барометра L и настоящаго барометра получится разность равная одной линіи. — Во всякихъ точныхъ опытахъ сего рода надлежитъ подъ колоколъ M ставить чашечку съ хлористымъ кальціемъ, для поглощенія паровъ воды, кои безпрестанно отдѣляются отъ стѣнокъ сосуда и трубокъ, и входятъ въ пространство M. При вытягиваніи воздуха посредствомъ такого насоса, давленіе воздуха на поршень *p* (особливо при концѣ дѣйствія)

столь сильное оказываетъ сопротивленія, что для преодолѣнія онаго надлежитъ употреблять большую силу: для ослабленія онаго сопротивленія и для скорѣйшаго дѣйствія строятъ воздушные насосы такъ, какъ показываетъ (фиг. 127), съ двумя насосами, сообщающимися съ трубкою DE; поршни ихъ приводятся въ движеніе посредствомъ одного зубчатаго колеса, имѣющаго рукоятку на своей оси; отъ чего сіи поршни попеременно поднимаются и опускаются, и давленіе воздуха на поршень опускающійся уравновѣшиваетъ отчасти давленіе на поршень въ тоже время поднимаемый; сверхъ сего при всякомъ поворотѣ рукоятки въ какую нибудь сторону вытягивается часть воздуха.

c). *Насосъ всасывающій и вмѣстѣ давящій* также состоитъ изъ трубъ AB, CD (фиг. 128), но имѣетъ сверхъ того еще третью трубку CEF. Поршень у онаго насоса бываетъ сплошной; клапанъ *m* закрываетъ сверху трубу CD, и другой клапанъ *n* закрываетъ сверху отверстіе, сдѣланное въ перегородкѣ трубы EF. При подниманіи поршня R клапанъ *n* остается затворенъ, а клапанъ *m* отворяется; вода входитъ въ пространство BC*p*, послѣ чего клапанъ *m* затворяется, и заключаетъ воду въономъ пространствѣ. При опусканіи поршня, онъ давитъ на воду, которая отворяетъ клапанъ *n*, и переходитъ въ трубу EF. Тѣже дѣйствія повторяются при каждомъ подниманіи и опусканіи поршня; отъ чего вода безпрестанно будетъ подниматься по трубѣ EF и дойдетъ до отливной трубки S. Симъ насосомъ можно поднимать воду на произвольную высоту. — Изъ соединенія всасывающихъ и давящихъ насосовъ дѣлаются *пожарные насосы*.

d). Къ числу насосовъ можно отнести *сифонъ*, слу-

жащій для переливанія капельной жидкости изъ верхняго сосуда въ нижній. Онъ дѣлается изъ трубки, которую загибаютъ такъ, чтобы ея два рукава были почти параллельны и одинъ длиннѣе ругаго. Ежели сифонъ наполнить водою, и короткимъ рукавомъ опустить въ сосудъ съ водою (фиг. 129), то она непрерывно начнетъ вытекать длиннымъ концомъ до толѣ, пока короткій рукавъ будетъ находиться въ жидкости. Дабы понять причину сего дѣйствія назовемъ чрезъ G давленіе воздуха, и въ изгибѣ *bc* возмемъ поперечное сѣченіе *rs*. Очевидно, что на оное сѣченіе со стороны *ab* оронсходитъ давленіе, равное G безъ вѣса столба воды *ab*, а со стороны *mc* — давленіе, равное G безъ вѣса столба воды *cm*; слѣдовательно первое давленіе болѣе послѣдняго, и проч. — Сифонъ весьма часто употребляется при Химическихъ роботахъ для сливанія отстоявшихъ жидкостей съ осадковъ, для промыванія осадковъ и проч. Онъ изобрѣтенъ въ 1690 году *Рейзеліусомъ*, и сперва назывался Виртембергскимъ сифономъ. Насосы же изобрѣтены *Ктезивіемъ*, жившимъ за 150 лѣтъ до Р. Х.

Измѣненіе упругости газовъ отъ нагрѣванія и охлажденія

241. Упругость газовъ измѣняется не только отъ измѣненія давленія, но можетъ быть значительно увеличена дѣйствіемъ нагрѣванія, и уменьшена посредствомъ охлажденія: ибо въ первомъ случаѣ увеличится между частями его расширительная сила, дѣйствіемъ коей объемъ газа будетъ увеличиваться; во второмъ же случаѣ произойдетъ противное дѣйствіе. Что бы видѣть оба сіи дѣйствія, возмемъ термометрическую

трубку, опустимъ оную отверстымъ концомъ въ чашечку со ртутью (фиг. 130), и будемъ нагрѣвать ея шарикъ посредствомъ лампы; тогда увидимъ, что воздухъ, находящійся въ оной трубкѣ, будетъ разширяться и выходить вонъ изъ трубки сквозь ртуть въ видѣ пузырей. Но ежели начнемъ шарикъ охлаждать, то оставшійся воздухъ начнетъ сжиматься; упругость его сдѣлается гораздо менѣе давленія атмосфернаго воздуха; отъ чего ртуть начнетъ подниматься вверхъ по трубкѣ, и возходит въ шарикъ оной. Симъ способамъ вводятъ ртуть въ термометрическія трубки; на семъ же свойствѣ основывается устроеніе *огненнаго фонтана*, и проч.

242. *Законъ разширѣнія.* — Отъ дѣйствія теплорода всѣ газы и пары разширяются единообразно и равно на каждый градусъ термометра. Всякой газъ или паръ, нагрѣтый отъ 0° до 100° Ц. т., увеличивается на 0,375 въ своемъ объемѣ.

Сей важный законъ открытъ Гг. *Мейеромъ*, *Дальтономъ* и *Гей-Люсакомъ*, и можетъ быть повѣрепъ слѣдующимъ образомъ. Возмемъ большую термометрическую трубку съ шарикомъ; раздѣлимъ оную на части ровный емкости, и опредѣлимъ отношеніе емкости каждаго ея дѣленія къ емкости ея шарика (*). Та-

---

(*) Вотъ какъ дѣлятъ всякую трубку на части ровной емкости. Припаиваютъ къ концу оной трубки широкую цилиндрическую трубку, имѣющую у себя сплошной поршень (фиг. 131); потомъ вводятъ въ нее малую каплю ртути, такъ чтобы она заняла пространство ab равное на прим. $\frac{1}{10}$ доли трубки; кладутъ сію трубку на тающій снѣгъ, и измѣряютъ длину ab. Выдвигая поршень изъ широкой трубки, переводятъ сію каплю въ слѣдующее про-

кую трубку наполнимъ сперва ртутью, а потомъ впустимъ въ нее воздуха или сухаго газа столько, чтобы въ трубкѣ остался небольшой столбикъ *mn* ртути, который бы находился въ маломъ разстояніи отъ шарика, когда сей послѣдній будетъ опущенъ въ тающій снѣгъ. Потомъ вставимъ оную трубку горизонтально въ жестяную ванну (фиг. 132), наполненную водою или масломъ; будемъ доводить сію ванну до температуръ

странство *bc*, потомъ въ *cd* и т. д., и замѣчаютъ точки *a*, *b*, *c*,...; тогда трубка и раздѣлится на 20 равныхъ частей. Послѣ сего выпускаютъ изъ трубки ртути не много менѣе половины; оставшуюся каплю ртути ставятъ между *a* и *b*, и доводятъ по перемѣнно до точекъ *a* и *b*, замѣчая пространства *am*, *bn*, ею занимаемыя. Промежутокъ *mn* дѣлятъ по поламъ; то пространство *ab* и раздѣлится на двѣ части ровной емкости. Такимъ же образомъ дѣлятъ пространства *bc*, *cd*,... Необходимо нужно, чтобы во время сего дѣйствія давленіе атмосферы оставалось неизмѣннымъ.

Чтобы опредѣлить отношеніе емкости шарика къ емкости дѣленій трубки, взвѣшиваютъ трубку пустую. Наполняютъ ея шарикъ и нѣсколько дѣленій ртутью (при температ. 0°), и опять взвѣшиваютъ; изъ сего вѣса вычитаютъ вѣсъ пустой трубки, получится вѣсъ одной ртути. Вводятъ въ трубку еще ртути, и замѣчаютъ сколько дѣленій займетъ сія прибавленная ртуть; находятъ вѣсъ оной ртути, и раздѣляютъ на число дѣленій, кои она занимаетъ; тогда получится вѣсъ ртути, содержащейся въ одномъ дѣленіи. Послѣ сего найдется вѣсъ ртути, коею всѣ дѣленія трубки были заняты, а слѣдственно и вѣсъ ртути, занимающей одинъ шарикъ. А раздѣливъ вѣсъ ртути одного дѣленія на вѣсъ ртути шарика, получится отношеніе емкости одного дѣленія къ емкости шарика. —

0°, 10°, 20°,....100°, и при каждомъ случаѣ замѣчать стояніе столбика ртути *mn*: тогда откроется, что, при возвышеніи температуры на одинакое число градусовъ, показатель *mn* проходитъ въ трубкѣ одинакое число дѣленій, лишъ бы давленіе атмосферы оставалось неизмѣннымъ; и найдется, что объемъ всякаго газа отъ температуры 0° до 100° увеличивается на 0,375, слѣдственно на каждый градусъ онъ увеличивается на 0,00375 долю.— *Дюлонгъ* и *Пети*, наблюдая великую точность при своихъ изслѣдываніяхъ, нашли сей законъ расширѣнія справедливымъ въ предѣлахъ температуръ — 36° и 360° Цел. термометра; а *Деви* показалъ, что и сгущенный воздухъ расширяется такимъ же образомъ. Тотъ же законъ расширѣнія найденъ и для *всякихъ паровъ.*

243. Зная законъ и количество расширѣнія газовъ и паровъ отъ нагрѣванія, не трудно *найти, каковъ объемъ газа будетъ при температурѣ t, когда его объемъ v при 0° данъ*: оно будетъ (109)

$$V = v\,(1 + 0{,}00375t).$$

Обратно, еслибы данъ былъ объемъ V при $t°$, то найдется объемъ v при 0°

$$v = \frac{V}{1 + 0{,}00375t}.$$

Также, объемъ V газа, данный при температурѣ $t°$, при другой температурѣ T сдѣлается

$$V' = V\,(1 + 0{,}00375\,(T - t)).$$

Тождественный ходъ расширѣнія воздухообразныхъ тѣлъ даетъ право заключать, что ихъ части совершенно свободно повинуются расширительной силѣ теплорода, и что приращеніе въ ихъ объемѣ должно быть пропорціонально приращенію въ нихъ теплоро-

да, при томъ же давленіи атмосферы. По сему-то разширѣніе газовъ и принимаютъ за надѣжнѣйшее средство для опредѣленія температуръ. Для сей цѣли употребляются воздушные термометры и термоскопы.

244. *Воздушные термометры* бываютъ различнаго устроенія. Фиг. 133 представляетъ воздушный термометръ, состоящій изъ стеклянной трубочки, загнутой подъ прямымъ угломъ, имѣющей съ одной стороны цилиндрическое вмѣстилище, а съ другой волосное отверстіе. Сія трубочка должна быть раздѣлена на части равной емкости, и должно быть извѣстно отношеніе емкости одного ея дѣленія къ емкости всей трубки. Широкую трубку подвергаютъ той температурѣ, которую хотятъ измѣрить. Отъ сего часть воздуха выйдетъ вонъ изъ трубки: тогда подставляютъ къ отверстію трубочки ртуть, и охлаждаютъ весь приборъ. Въ сіе время отъ давленія внѣшняго воздуха ртуть поднимется по трубочкѣ на нѣсколько дѣленій, посредствомъ коихъ можно узнать объемъ и упругость воздуха, когда онъ былъ нагрѣтъ, также объемъ и упругость воздуха охлажденнаго; а отсюда найдется и величина его разширѣнія, измѣряющая искомую температуру. Сей термометръ употребляли Гг. Дюлонгъ и Птп при своихъ изслѣдываніяхъ.

Десліевъ термоскопъ состоитъ изъ стеклянной, калиброванной трубочки *abo* (фиг. 134), изогнутой въ видѣ литтеры V, и оканчивающейся двумя шариками. Часть оной трубки *abc* содержитъ сѣрную кислоту окрашенную карминомъ. Къ трубкѣ *c* прикрѣпляется дощечка съ размѣромъ. Шарикъ трубки *a* называется *фокуснымъ*. Ежели оба шарика термоскопа подвержены одинакой температурѣ, то жидкость въ трубкахъ

a и *b* удерживается на одинакой высотѣ, и показываетъ на размѣрѣ нуль дѣленія. Но если хотя не много нагрѣть фокусный шарикъ, поднося къ нему руку или другое теплое тѣло, то воздухъ начнетъ въ немъ расширяться, и заставитъ жидкость подняться по трубкѣ *a* на нѣсколько дѣленій. А чтобы теплородъ, сообщаемый одному шарику, не могъ передаваться и другому, то между ими ставится перегородка изъ картонной бумаги. Сей термоскопъ весьма чувствителенъ и можетъ показывать самыя малыя измѣненія температуръ.

О равновѣсіи воздуха и газовъ, подверженныхъ одному дѣйствію тяжести.

(Аэростатика.)

245. Въ слѣдствіе совершенной удобподвижности частей, всякая воздухообразная жидкость, подверженная дѣйствію тяжести, приходитъ къ равновѣсію по тѣмъ же законамъ, кои свойственны капельнымъ жидкостямъ. Для примѣра представимъ себѣ въ спокойной атмосферѣ столбъ воздуха, простирающійся отъ поверхности земли до самыхъ предѣловъ атмосферы, то, во время равновѣсія, 1) каждая частичка сего воздуха будетъ со всѣхъ сторонъ удерживаться равными давленіями; 2) въ одномъ и томъ же горизонтальномъ сѣченіи, частички будутъ терпѣть одинакое давленіе; 3) но въ разныхъ горизонтальныхъ слояхъ сіи давленія различны: нижніе слои терпятъ давленіе больше, нежели на верхніе; потому что они получаютъ давленіе отъ среднихъ и верхнихъ, а средніе отъ однихъ верхнихъ. Но какъ воздухъ сжимается пропорціонально давленію (237), то нижніе слои должны имѣть большую плотность и

упругость, середніе менѣе, а упругость верхнихъ слоевъ будетъ столь мала, что будетъ уравновѣшиваться однимъ дѣйствіемъ тяжести. Непосредственныя наблюденія прямо подтверждаютъ оную истинну: ежели возходить съ барометромъ на высокую гору или подниматься съ нимъ на аэростатѣ; то ртуть въ немъ будетъ понижаться, и опять начнетъ возвышаться, если будемъ сходить съ горы. Люди, возходящіе на высокія горы, чувствуютъ утомленіе, склонность ко сну; изъ глазъ, губъ, ушей ихъ нерѣдко выступаетъ кровь: и сіе зависитъ отъ того, что на большомъ возвышеніи отъ земной поверхности воздухъ рѣдокъ, и его давленіе не въ состояніи уравновѣшивать упругости того воздуха, который заключается въ кровоносныхъ сосудахъ; дѣйствіемъ сей упругости и вытѣсняется по немногу кровь изъ сихъ органовъ.

Слѣдующее разужденіе показываетъ, что *ежели взять высоты слоевъ воздуха* (считая отъ поверхности земли) *въ прогресіи ариѳметической, то соотвѣтственныя имъ давленія, а слѣдственно ихъ плотности и упругости, будутъ составлять прогрессію геометрическую.* Для сего вообразимъ столбъ ABS (фиг. 155) воздуха, простирающійся до предѣловъ атмосферы; раздѣлимъ оный на равные слои ABCD, CDEF, EFGH, ... столь тонкіе, чтобы плотность въ каждомъ отдѣльномъ слоѣ можно было счесть одинакою. Назовемъ буквами d, d', d''... плотности оныхъ слоевъ, начиная съ нижняго; пусть p, p', p'', p''',... суть вѣсы столбовъ воздуха ABS, CDS, EFS,... : то будетъ

вѣсъ слоя ABCD $= p - p'$,

— — CDEF $= p' - p''$,

— — EFGH $= p'' - p'''$, и т. д.

Сіи вѣсы слоевъ *одинакаго объема* будутъ пропорціональны ихъ плотностямъ, а слѣдственно и давленіямъ $p^{\prime}, p^{\prime\prime}, p^{\prime\prime\prime}, \ldots$, то есть,

$p-p^{\prime} : p^{\prime}-p^{\prime\prime} = p^{\prime} : p^{\prime\prime}$; $p^{\prime}-p^{\prime\prime} : p^{\prime\prime}-p^{\prime\prime\prime} = p^{\prime\prime} : p^{\prime\prime\prime}$; и т: д. а взявъ сумму членовъ предъидущихъ въ каждой пропорціи, получимъ

$$p : p^{\prime} = p^{\prime} : p^{\prime\prime};\ \ p^{\prime} : p^{\prime\prime} = p^{\prime\prime} : p^{\prime\prime\prime};\ \text{и проч.}$$

И такъ давленія или упругости составляютъ прогрессію геометрическую, когда высоты AD, AE, AH ... будутъ взяты въ прогрессіи ариѳметической 1, 2, 3, ...; такъ что *высоты должны быть логариѳмами давленій имъ соотвѣтственныхъ*. Сіе показываетъ, что еслибы вычислена была таблица логариѳмовъ по оной системѣ, то можно было бы находить возвышеніе AH всякой точки H надъ земною поверхностію AB. Для сего замѣтимъ высоты h, $h^{\prime\prime\prime}$ столбовъ ртути въ барометрахъ поставленныхъ при A и H; онѣ покажутъ намъ давленія атмосферы, имъ соотвѣтственныя. Найдемъ въ нашей таблицѣ логариѳмы сихъ давленій, выраженныхъ въ линіяхъ, то ихъ разность $\log.h^{\prime\prime\prime} - \log.h$ дастъ намъ высоту AH въ футахъ. Обыкновенные табличные логариѳмы могутъ также послужить для сей цѣли, нужно только оные помножать на нѣкотораго постояннаго множителя. *Делюкъ* нашелъ, что сей множитель почти = 10000. — Впрочемъ сей законъ точенъ только въ томъ предположеніи, что тяжесть и температура по всей высотѣ разсматриваемаго нами столба воздуха остаются постоянными; съ измѣненіемъ же оныхъ и онъ необходимо измѣняется. Познаніе сего закона подало возможность физикамъ *употребить барометръ для измѣренія высотъ горъ*. И знаменитый *Лапласъ*, принимая въ разсмотрѣніе всѣ

обстоятельства, имѣющія вліяніе на высоту стоянія ртути въ барометрѣ, довелъ сей способъ до надлежащаго совершенства. См. Прибавленіе 3-е.

246. Ежели въ одномъ сосудѣ будутъ помѣщены разнородныя воздухообразныя жидкости, не соединяющіяся химически, то онѣ только тогда придутъ къ равновѣсію, когда смѣшаются между собою, и составятъ однородную жидкость, каковы бы ихъ относительныя плотности ни были. Въ семъ свойствѣ не трудно удостовѣриться и опытомъ: возмемъ два шара (фиг. 136), запертые своими кранами, одинъ изъ нихъ наполнимъ газомъ водороднымъ а другой газомъ углекислымъ, при одной и той же температурѣ и одинакой степени ихъ упругости; привинтимъ одинъ шаръ къ другому, и расположимъ такъ, чтобы газъ водородный былъ вверху, а углекислый внизу, какъ показываетъ фигура; потомъ откроемъ краны, что бы сдѣлать сообщеніе между газами. По прошествіи нѣкотораго времени найдется, что въ обоихъ шарахъ будутъ находиться оба газа въ одинакой пропорціи, хотя газъ водородный въ 22 раза легче газа углекислаго. Сіе свойство зависитъ отъ чрезмѣрной скважности газовъ, отъ совершенной удобоподвижности ихъ частицъ, отъ свободнаго ихъ повиновенія силѣ теплорода, и отъ различной ихъ плотности. Смѣшеніе газовъ произойдетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ будетъ болѣе разность между ихъ плотностями. *Плотность смѣси будетъ равна средней плотности смѣшенныхъ газовъ* (*). Когда газы имѣли одинакую упругость до смѣшенія,

(*) Ежели v, v' суть объемы, d, d' плотности газовъ, d'' плотность газовъ смѣшенныхъ; то сумма вѣсовъ газовъ не смѣ-

то сія упругость останется таже и послѣ ихъ смѣшенія. Если же газы прежде смѣшенія имѣли различныя упругости, то ихъ смѣсь получитъ среднюю упругость.

Два газа, взятые въ равныхъ объемахъ v, и имѣющіе упругости p, p', бывъ сгущены въ одинъ объемъ v, получаютъ упругость равную суммѣ ихъ упругостей $p + p'$.

Впрочемъ разнородные газы, находящіяся между собою въ соприкосновеніи, прежде совершеннаго ихъ смѣшенія, стремятся въ сосудѣ расположиться по порядку ихъ относительныхъ вѣсовъ; то есть, легчайшіе стремятся подниматься вверхъ, а тяжелѣйшіе — опускаться внизъ. Такимъ образомъ нагрѣтый воздухъ всегда поднимается вверхъ; въ комнатахъ теплый воздухъ скопляется вверху, а холодный внизу, и когда дверь комнаты отворена, то теплый воздухъ выходитъ изъ комнаты верхнею частію двери, а холодный воздухъ вступаетъ въ комнату нижнею частію оной. Отъ сего же происходитъ въ печныхъ трубахъ движеніе паровъ и газовъ, отдѣляющихся при горѣніи тѣлъ. Углекислый газъ, будучи въ $1\frac{1}{2}$ раза тяжелѣе воздуха, можетъ быть переливаемъ въ другой сосудъ наполненный воздухомъ, пока съ онымъ не смѣшается. Сей же газъ можетъ собираться въ подземляхъ, пещерахъ, погребахъ, если онъ освобождается въ природѣ при какихъ нибудь химическихъ процессахъ. Такимъ образомъ въ *Собачьей* пещерѣ, близъ Неаполя, всегда находится

шенныхъ будетъ равна вѣсу ихъ смѣси, т. е., $vd + v'd' = (v + v')d''$

откуда $$d'' = \frac{vd + v'd'}{v + v'}$$

на днѣ оной не большой слой сего газа, въ которомъ не высокаго роста животные задыхаются.

247. *Всякое тѣло, находящееся въ воздухѣ или иномъ какомъ газѣ, теряетъ въ ономъ столько вѣса, сколько вѣситъ вытѣсненный имъ объемъ сей жидкости.* Въ семъ увѣриться можно изъ слѣдующаго опыта: уравновѣсимъ на вѣскахъ свинцовый шарикъ съ большимъ, пустымъ, стеклянnымъ шаромъ; поставимъ сей приборъ на шарелку воздушнаго насоса, закроемъ стеклянnымъ колпакомъ; и вытянемъ воздухъ: тогда увидимъ, что равновѣсіе нарушится, и стеклянный шаръ перетянетъ; но ежели впустить воздухъ, то равновѣсіе опять возстановится. Въ первомъ случаѣ стеклянный шаръ приобрѣтаетъ болѣе, а во второмъ — теряетъ вѣса болѣе, нежели шарикъ свинцовый. Сей опытъ придуманъ еще *Оттономъ Герике.*

Такъ какъ плотность воздуха измѣняется отъ температуры, давленія и количества въ немъ водяныхъ паровъ, то очевидно, что отъ измѣненія сихъ обстоятельствъ потеря вѣса тѣлъ въ воздухѣ также измѣняется. Нѣтъ нужды, кажется, упоминать, что, при взвѣшиваніи всякаго тѣла въ воздухѣ, мы всегда находимъ только видимый вѣсъ онаго, то есть, разность между его истиннымъ вѣсомъ и упомянутою потерею вѣса.

248. Изъ того же слѣдуетъ, что всякое тѣло, тяжелѣйшее воздуха, не весь свой вѣсъ въ ономъ потеряетъ, и потому должно падать; что всякое тѣло, имѣющее одинакую плотность съ воздухомъ, должно удерживаться въ ономъ въ равновѣсіи, не падая и не поднимаясь; что всякое тѣло, относительно легчайшее воздуха, должно въ немъ подниматься вверхъ до

тѣхъ поръ, пока встрѣтитъ слои воздуха, имѣющіе съ нимъ однакую плотность. На оном дѣйствіи основывается устроеніе *Аэростатовъ* или воздухо-плавательныхъ шаровъ, поднимающихся высоко въ атмосферу. Сіи шары выдуманы братьями *Монгольфьерами* 1783 года въ Аннонѣ. Первый шаръ такого рода они построили 5-го Іюля тогоже года изъ полотна и бумаги, до 110 футовъ въ окружности; внизу онаго сдѣлали широкое отверстіе, подъ коимъ прикрѣпили жаровню съ горящимъ матеріаломъ. Горячій воздухъ, имѣющій малую плотность, но большую упругость, наполнялъ сей шаръ; отъ чего онъ поднялся на высоту около 6000 футовъ. Какъ скоро сей опытъ повторенъ былъ въ присутствіи Французскаго Двора, то *Пилатръ-де-Розье* первый осмѣлился подняться на таковомъ аэростатѣ, и перелетѣлъ пространство до 4000 туазовъ. Сіи аэростаты имѣли большія неудобства: поддержаніе достаточнаго жара подъ оными было затруднительно и опасно. По сему они вскорѣ были усовершенствованы Парижскими учеными Шарлемъ и Робертомъ. Опыты показали, что водородный газъ, почти въ 14 разъ легче воздуха, и потому можетъ быть гораздо выгоднѣе употребленъ для сей цѣли. По сему Шарль, построивъ аеростатъ до 26 футовъ въ діаметрѣ, наполнилъ оный симъ газомъ; и сія колоссальная машина, увлекая съ собою въ атмосферу прекрасную лодочку съ Шарлемъ и Робертомъ, поразила удивленіемъ всѣхъ жителей Парижа. Спустя нѣсколько времени послѣ сего Г. *Бланшардъ* на таковомъ аеростатѣ перелетѣлъ проливъ между Дувромъ и Кале.

Теперь сіи аеростаты строются изъ тафты, покрывая оную лакомъ, сдѣланнымъ изъ упругой смолы,

растворенной въ терпентинномъ маслѣ. На семъ шарѣ дѣлается отверстіе съ предохранительнымъ клапаномъ; шаръ наполняютъ водороднымъ газомъ, который стремясь подниматься вверхъ, увлекаетъ съ собою шаръ и лодочку съ путешественникомъ, и поднимается до толѣ, пока вступитъ въ воздухъ котораго плотность будетъ равна средней плотности аэростата (*). На ономъ шарѣ путешественникъ можетъ подняться нѣсколько выше сего предѣла; для сего онъ беретъ съ собою баластъ, и имянно песокъ, который онъ выбрасываетъ для облегченія шара. Если же ему нужно опуститься внизъ, то онъ открываетъ не много предохранительный клапанъ, и выпускаетъ нѣсколько газа.

Пилатръ-де-Розье, Роменъ, Моманъ и Г-жа Бланшаръ погибли жертвою своей ревности къ аэростатическимъ путешествіямъ. Не извѣстно почему, Пилатръ де Розье захотѣлъ соединить старый способъ подниманія аэростатовъ съ новымъ. Онъ употребилъ два шара, расположивъ ихъ одинъ надъ другимъ, изъ коихъ верхній былъ наполненъ водороднымъ газомъ, а нижній воздухомъ разогрѣваемымъ посредствомъ жаровни, и

(*) Не трудно *найти вѣсъ, который можетъ быть поднятъ аэростатомъ, коего объемъ извѣстенъ.* Пусть объемъ шара 200 куб. метрамъ: вѣсъ 1 куб. метра воздуха = 1,2991 килогр. при температурѣ 0°, и при давленіи 0,76 метра; а вѣсъ 1 куб.метра не очищеннаго водороднаго газа = 0,1 килограм., по сему 200 к. метровъ воздуха = 259,82 килогр. а вѣсъ 200 куб.метровъ водородн. газа = 50 килогр. Разность 209,82 килогр.показываетъ ту силу, которою газъ будетъ подниматься : слѣдственно весь шаръ безъ газа долженъ вѣсить гораздо менѣе 209,82 килогр.

такимъ об. устроилъ печь, такъ сказать, подъ пороховымъ магазиномъ. Поднявшись на семъ шарѣ между Кале и Булонью, сіи четыре путешественника низверглись съ величайшей высоты отъ возгорѣнія шара.

Впрочемъ, употребляя всѣ нужныя предосторожности для устроенія аэростатовъ и управленія оными, теперь уже нѣтъ ни какой опасности подниматься на оныхъ. Отличнѣйшіе ученые каковы *де ла Ландъ*, *Біотъ Араго*, *Гейлюсакъ*, *Гумбольдтъ* воспользовались аэростатическими путешествіями для разныхъ метерологическихъ наблюденій. Гг. *Гумбольдтъ* и *Бонпланъ* поднимались до 5,7 верстъ въ Америкѣ надъ вулканомъ *Котопакси*. Въ 1804 году *Гей-Люсакъ* поднялся на аэростатѣ до $6\frac{1}{3}$ верстъ, и спустился близъ Руана, перелѣтѣвъ болѣе 126 верстъ въ 6 часовъ. Барометръ, бывшій при немъ, опустился до 16 дюймовъ тогда какъ высота его въ Парижѣ была болѣе 28 дюйм.: и на сей высотѣ онъ чувствовалъ весьма сильный холодъ (—10° Ц. терм.), когда на берегахъ Сены была температура + 30°.

249. Полезно замѣтить, что газы могутъ прилипать къ поверхности другихъ твердыхъ тѣлъ; также могутъ проникать между частями оныхъ тѣлъ, и удерживаться въ оныхъ какъ внѣшнимъ давленіемъ атмосферы, такъ отчасти и силою сродства къ онымъ тѣламъ. Извѣстно, что ежели весьма тонкую стальную проволоку положить на поверхность воды, то она можетъ плавать по оной; это происходитъ отъ того, что она удерживаетъ на своей поверхности тончайшій слой воздуха, съ коимъ дѣлается легче воды. Извѣстно также, что ежели кусокъ дерева или какого нибудь не слишкомъ плотнаго тѣла положить въ

воду, и надъ сею водою разрѣжать воздухъ посредствомъ воздушнаго насоса; то какъ изъ воды, такъ изъ положеннаго въ оную тѣла будетъ отдѣляться великое множество пузырьковъ воздуха. — Извѣстно, что всякая жидкость, очищенная отъ воздуха посредствомъ кипѣнія, находясь съ воздухомъ въ соприкосновеніи, снова поглощаетъ въ себѣ нѣкоторое количество онаго. Количество поглощеннаго воздуха или другаго газа зависитъ отъ природы газа и капельной жидкости; оно бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ менѣе плотность жидкости, и чѣмъ будетъ болѣе газъ сгущенъ надъ поверхностію жидкости.

Относительный вѣсъ газовъ.

250. За единицу относительнаго вѣса газовъ и паровъ обыкновенно принимаютъ вѣсъ сухаго атмосфернаго воздуха въ одинакомъ съ ними объемѣ, взятаго при температурѣ 0°, и при давленіи 0,76 метра (28 дюймовъ).

Чтобы найти вѣсъ воздуха въ 1-цѣ объема, берется тонкой стеклянный шаръ отъ 8 до 10 дюймовъ въ діаметрѣ, который можетъ крѣпко закрываться краномъ, и привинчиваться къ хорошему воздушному насосу. Сперва находятъ емкость V онаго шара (198); потомъ вытягиваютъ изъ него воздухъ сколько возможно чище, закрываютъ его кранъ, и посредствомъ исправнѣйшихъ вѣсовъ находятъ его вѣсъ P. Послѣ сего открываютъ его кранъ, впускаютъ сухаго воздуха, и находятъ вѣсъ P' шара съ воздухомъ. Тогда P' — P будетъ вѣсъ одного воздуха находящагося въ шарѣ; а по формулѣ

$$P' - P = Va.3{,}84$$

найдется вѣсъ a одного кубич. дюйма воздуха, когда объемъ V былъ найденъ въ куб. дюймахъ, а P и P′ въ золотникахъ. — Такимъ об. Гг. Араго и Біотъ, наблюдая всѣ нужныя предосторожности въ своихъ опытахъ (1805 года), нашли, что при температурѣ 0°, при давленіи атмосферы 0,76 метра, на широтѣ 45°, и въ безвоздушномъ пространствѣ, 1 литръ сухаго воздуха вѣситъ 1,299075 граммовъ; слѣдственно 1 куб. футъ Англ. вѣситъ 0,8991 Рос. фунта. Отсюда слѣдуетъ, что относит. вѣсъ воздуха къ водѣ, взятой при тѣхъ же обстоятельствахъ $= \frac{1}{769,77}$. А изъ сего найдется, что, при обыкновенной температурѣ 20° Ц. терм., относительный вѣсъ воздуха $= \frac{1}{827}$, а при температурѣ 10°, онъ $= \frac{1}{798}$ (*).

Ежели опять вытянуть воздухъ изъ шара, впустить въ него другаго какого нибудь сухаго газа, и найти вѣсъ P″ шара съ газомъ; то P″ — P будетъ вѣсъ одного газа, а $\frac{P'' - P}{P' - P}$ его относит. вѣсъ къ воздуху. Фиг. 137 представляетъ приборъ, служащій для наполненія шара S газомъ. Шаръ сей привинченъ къ желѣзной трубкѣ (запертой краномъ) стекляннаго кол-

(*) Относит. вѣсъ воздуха приближенно можно найти изъ того давнишняго наблюденія, что ртуть въ барометрѣ понижается почти на 1 линію, ежели подняться съ нимъ отъ поверхности моря на высоту 78 Фр. футовъ Здѣсь видно, что 1 линія ртути производитъ такое же давленіе, какое столбъ воздуха въ 78 футовъ высотою; а какъ 78 фут. = 11232 линіи, то видно, что ртуть должна быть тяжелѣе воздуха въ 11232 раза. Сіе число раздѣливъ на 14, частное 802 покажетъ, во сколько разъ вода тяжелѣе воздуха.

пака T, наполненнаго чистою ртутью и опущеннаго въ ртутную ванну AB. Въ сей колпакъ перепускается газъ изъ животнаго пузыря C по трубкамъ DE; въ D кладутся вещества, могущія соединяться со всѣми парами воды, находящимися въ газѣ. По введеніи газа въ T, отворяютъ краны m, n; когда шаръ S наполнится газомъ, то поднимаютъ или опускаютъ колоколъ T дотолѣ, пока поверхность ртути въ колоколѣ и ваннѣ будутъ въ одной плоскости, дабы газъ получилъ упругость равную давленію атмосферы. Потомъ закрываютъ краны m, n; и проч.

При всѣхъ оныхъ взвѣшиваніяхъ мы предполагали, что температура была 0, и давленіе атмосферы 0,76 метра, что взвѣшиваніе производится въ пустомъ пространствѣ, что внѣшній воздухъ не содержитъ паровъ воды, и проч. : но этого ни когда не бываетъ; по сему что бы получить выводы сравнительные между собою, надлежитъ всѣ взвѣшиванія приводить къ упомянутымъ температурѣ, давленію воздуха, и проч посредствомъ весьма сложнаго вычисленія, которое можно видѣть въ Traité de physique par Biot T. I, pag 347. Изъ сихъ обстоятельствъ важнѣйшія суть давленіе воздуха и температура : ибо отъ измѣненія въ давленіи атмосферы измѣняется плотность газа; а отъ возвышенія температуры увеличивается емкость шара, но уменьшается плотность газа. Когда найденъ вѣсъ p газа при температурѣ $t°$ и при давленіи h, то его вѣсъ въ томъ же шарѣ, при температурѣ 0° и при давленіи 0, 76 метра, будетъ

$$\frac{0{,}76\ (1 + 0{,}00375\,t)p}{h(1 + kt)};$$

гдѣ 0,00375 есть истинное расширѣніе газа на 1° Ц. т., и *k* кубическое расширѣніе вещества шара.

Таблица плотностей нѣкоторыхъ газовъ:

Названіе газа.	Плотность.	Вѣсъ одного литра газа при 0° и при давленіи 0,76 метра въ граммахъ.
Воздухъ	1,000	1,2991 грамм.
Газъ хлорный	2,420	3,2088
— углекислый	1,524	1,9805
— кислородный	1,1026	1,4323
— азотный	0,976	1,2675
— амміаковый	0,5967	0,7752
— водородный	0,0688	0,0894

О парахъ.

251. Пары отличаются отъ газовъ тѣмъ, что когда они наполняютъ собою пространство при обыкновенномъ давленіи атмосферы, то, при малѣйшемъ увеличеніи давленія или уменьшеніи температуры, начинаютъ переходить постепенно въ капельное состояніе. Въ семъ не трудно увѣриться слѣдующимъ опытомъ: возмемъ трубку *abc* (фиг. 138), загнутую на подобіе сифона, у которой одинъ конецъ *a* открытъ а другой *c* запаянъ; наполнимъ оную ртутью, и пропустимъ въ ея конецъ *c* каплю сѣрнаго эѳира, либо виннаго спирта, или воды; вставимъ конецъ *bc* въ шаръ *nn* стеклянный или металлическій, который наполнимъ масломъ, и будетъ нагрѣвать: тогда эѳиръ превратится отчасти въ пары, которые своею упру-

гостію погоняшъ ршуть изъ шрубки cb; но ежели станемъ охлаждашь шаръ, то пары опять будутъ обращаться въ капельное состояніе, и ршуть опять подвинется къ концу c. Ежели снова нагрѣть шаръ, то снова будуть образоваться пары: не будемъ охлаждать шаръ, но прибавимъ болѣе ршути въ конецъ ab, чтобъ увеличить давленіе; то пары опять начнуть переходить въ капли.

252. *Упругость паровъ въ пустотѣ.* — Со времени изобрѣтенія паровыхъ машинъ многіе ученые занимались изслѣдываніемъ силы упругости паровъ и опредѣленіемъ оной въ различныхъ жидкостяхъ и при различныхъ обстоятельствахъ. Но лучшія средства къ достиженію оной цѣли показаны Англ. ученымъ *Дальтономъ*, 1805 года. Для сего должно взять барометрическую трубку, раздѣленную по всей своей длинѣ на равныя части; наполнить оную почти всю чистою ртутью, и дополнить сверху каплями тремя или четырьмя воды (или иной жидкости), которой упругость паровъ хотимъ испытывать. Тогда, закрывъ рукою конецъ трубки, надлежитъ оную перевернуть и перепустить нѣсколько разъ воду по всей ея длинѣ, чтобы смочить оною стѣнки трубки и отдѣлить приставшій къ нимъ воздухъ; потомъ опять поворотить трубку вверхъ открытымъ концомъ, и, дополнивъ оную ртутью, закрыть опять рукою, снова перевернуть и опустить въ сосудъ со ртутью. Сія трубка будетъ тогда представлять барометръ, котораго внутренность смочена водою: но ртуть pq въ сей трубкѣ будетъ стоять гораздо ниже, нежели ртуть nr въ барометрѣ B осушенномъ (фиг. 139); потому что пары, отдѣляющіеся отъ стѣнки трубки

въ пустоту *Ap*, упругостію своего понижаютъ столбъ ртути. Какъ сила упругости и столбъ ртути *pq* дѣлаютъ равновѣсіе съ столбомъ ртути *nr*, то и видно, что разность *mn* между *nr* и *pq* равновѣситъ съ силою упругости паровъ. Симъ-то способомъ и можно опредѣлять упругость паровъ *при обыкновенныхъ температурахъ*.

Если обѣ барометрическія трубки A, B, окружить широкимъ стеклянымъ цилиндромъ, опущеннымъ также въ ртуть и наполненнымъ водою или масломъ; потомъ нагрѣвать оный приборъ снизу, и замѣчать температуры и соотвѣтственныя имъ разности между высотами столбовъ ртути сухаго и влажнаго барометра, то *опредѣлятся упругости паровъ при температурахъ выше обыкновенной*. Должно однакожъ замѣтить что разность двухъ столбовъ ртути только тогда будетъ намъ въ точности изображать силу упругости пара, когда длина каждаго столба приведена будетъ по вычисленію къ температурѣ 0° (232). — Производя таковые опыты надъ разными жидкостями, найдено, что *пары всякой жидкости, доведенные до температуры ея кипѣнія, упругостію своего понижаютъ ртуть въ трубкѣ* A *до самой ея поверхности въ ртутной ваннѣ*, ежели только они при сей температурѣ насыщаютъ собою пространство. А изъ сего слѣдуетъ, что *при сей температурѣ упругость паровъ бываетъ равна давленію атмосферы*.

Гей-Люсакъ показалъ весьма простой *способъ опредѣлять упругость паровъ при низкихъ температурахъ*. Для сего надобно употребить барометрическую трубку, у которой верхній конецъ загнутъ и вложенъ въ сосудъ наполненный снѣгомъ либо смѣсью изъ снѣга и

соли, производящею искуственный холодъ (фиг. 140). Трубка сія прежде сего наполняется ртутью и смачивается внутри водою также, какъ и въ прежнихъ опытахъ. Какъ бы ни была низка температура, всегда замѣчается, что пары существуютъ въ загнутомъ концѣ оной трубки, и упругостію своею понижаютъ нѣсколько столбъ ртути, въ ней находящійся.

Для опредѣленія упругости паровъ при температурахъ, простирающихся выше точки кипѣнія испытуемой жидкости, лучшій способъ данъ докторомъ Юромъ, и представленъ на описанной выше фиг 138. Когда масло въ шарѣ *mn* будетъ нагрѣто выше 100°, то капля воды содержащаяся въ концѣ *c*, обращаясь въ пары, заставитъ ртуть выходитъ изъ *cb* и возвышаться по трубкѣ *mm'*. Очевидно, что въ семъ случаѣ *упругость паровъ равна давленію атмосферы сложенному съ давленіемъ столба ртути* *mm'*, коего длина щитаетъся отъ поверхности *m'n* ртути въ рукавѣ *bc*.

Слѣдующая таблица показываетъ упругости водяныхъ паровъ, вычисленныя Біотомъ изъ опытовъ *Дальтона* и *Гей-люсака*, отъ температуры — 20° до + 100° Ц. т.

Температуры.	Упругости въ миллим.	Температуры.	Упругости въ миллим.	Температур.	Упругости.	Температур.	Упругости.
—20	1,333	18	15,353	56	119,59	94	611,18
—19	1,429	19	16,288	57	125,31	95	634,27
—18	1,531	20	17,314	58	131,50	96	658,05
—17	1,638	21	18,317	59	137,94	97	682,59
—16	1,755	22	19,417	60	144,66	98	707,63
—15	1,879	23	20,577	61	151,70	99	733,46
—14	2,011	24	21,805	62	158,96	100	760,00
—13	2,152	25	23,090	63	166,56		
—12	2,302	26	24,452	64	174,47		
—11	2,461	27	25,881	65	182,71		
—10	2,631	28	27,390	66	191.27		
— 9	2,812	29	29,045	67	200,18		
— 8	3,005	30	30 643	68	209,44		
— 7	3,210	31	32,410	69	219,06		
— 6	3,428	32	34,261	70	229,07		
— 5	3,660	33	36,188	71	239,45		
— 4	3,907	34	38,254	72	250,23		
— 3	4,170	35	40 404	73	261,43		
— 2	4,448	36	42,743	74	273,03		
— 1	4,745	37	45,038	75	285,07		
0	5,059	38	47,579	76	297,57		
1	5,393	39	50,147	77	310,49		
2	5,748	40	52,998	78	323,89		
3	6,123	41	55,772	79	337,76		
4	6,523	42	58,792	80	352,08		
5	6,747	43	61,958	81	367,00		
6	7,396	44	65,627	82	382,38		
7	7,871	45	68,751	83	398,28		
8	8,375	46	72,393	84	414,73		
9	8,909	47	76,205	85	431,71		
10	9,475	48	80.195	86	449,26		
11	10,074	49	84,370	87	467,38		
12	10,707	50	88,742	88	486,09		
13	11,378	51	93,301	89	505,38		
14	12,087	52	98,075	90	525,28		
15	12,837	53	103,06	91	545,80		
16	13,630	54	108,27	92	566,95		
17	14,468	55	113,71	93	588,74		

Таблица упругостей паровъ воды, насыщающихъ пространство при температурахъ 100° *до* 265°.89 *Цел. термометра, составленная Дюлонгомъ и Араго изъ*

ихъ собственныхъ наблюденій, дѣланныхъ по порученію Франц. Королевской Академіи наукъ, и оконченныхъ 1829 *года.*

Упругость паровъ, выраженная въ атмосферахъ.	Столбъ ртути при 0°, измѣряющій сію упругость.	Температуры соотвѣтственныя, по ртутн. термометру.	Давленіе на квадратный центриметръ.
1 Атмосф.	0,7600мет	100°	1,033
$1\frac{1}{2}$	1,1400	112,2	1,549
2	1,5200	121,4	2,066
$2\frac{1}{2}$	1,9000	128,8	2,582
3	2,2800	135,1	3 099
$3\frac{1}{2}$	2 66	140,6	3,615
4	3,04	145,4	4,132
$4\frac{1}{2}$	3,42	149,06	4,648
5	3,80	153,08	5,165
$5\frac{1}{2}$	4,18	155,8	5.681
6	4,56	160,2	6,198
$6\frac{1}{2}$	4,94	163,48	6,714
7	5,32	166,5	7,231
$7\frac{1}{2}$	5,70	169,37	7,747
8	6,08	172,1	8,264
9	6,84	177,1	9,297
10	7,60	181,6	10,33
11	8,36	186,03	11,363
12	9,12	190,0	12,396
13	9,88	193,7	13.429
14	10,64	197.19	14,462
15	11,40	200,48	15,495
16	12,16	203,60	16,528
17	12,92	206,57	17,561
18	13,68	209,4	18,594
19	14,44	212,1	19.627
20	15,20	214,7	20,660
21	15,96	217,2	21,693
22	16,72	219,6	22,726
23	17,48	221,9	23,759
24	18,24	224,2	24,792
25	19,00	226,3	25,825
30	22,80	236,3	30,990
35	26,60	244,85	36,155
40	30,40	252,55	41,320
45	34,20	259,52	46,485
50	38,00	265,89	51,650

Означенныя въ сей таблицѣ упругости можно вычислять по формулѣ $f = (1 + 0{,}7153t)\,5$, гдѣ f изображаетъ упругость въ числахъ атмосферъ, t температуру, считая оную отъ 100°, и принимая 100° за единицу.

253. *Пары различныхъ жидкостей, совершенно наполняющія пространство при одной и той же температурѣ, имѣютъ вообще различную упругость.* Въ этомъ легко увѣриться уже изъ того, что кипѣніе различныхъ жидкостей происходитъ при разныхъ температурахъ. Наприм., при давленіи 0,76 метра вода кипитъ при 100°, сѣрный эѳиръ при 35°,66. Слѣдственно сила упругости паровъ воды при 100° равна силѣ упругости паровъ эѳира при 35°,66 (252). Почему упругость паровъ воды при одинакихъ температурахъ менѣе упругости паро́въ эѳира.

254. Мы видѣли (252), что при температурѣ кипѣнія разныхъ жидкостей подъ тѣмъ же давленіемъ, пары ихъ имѣютъ равныя упругости. *Дальтонъ* усмотрѣлъ изъ своихъ опытовъ, что если увеличить или уменьшить оныя температуры на одинакое число градусовъ, то пары также будутъ имѣть равныя упругости. Слѣдственно по оному закону упругости паровъ воды и эѳира, кои равны при 100° и 35°,66, останутся также равными и при температурахъ 100° $\pm m$ и 35°,66 $\pm m$°. Хотя изъ наблюденій Депре и другихъ оказалось, что сей законъ есть только приближенный; однако же онъ достаточно показываетъ, что жидкости, кипящія при весьма высокихъ температурахъ (напр. ртуть, сѣрная кислота, при обыкновенной температурѣ или со всемъ не испаряются, или столь мало, что пругость ихъ паровъ со всемъ ничтожна.

255. Предъидущія таблицы показываютъ ясно, что пары, насыщающіе пространство, имѣютъ упругости во вся не пропорціональныя температурамъ. Но если нѣкоторое количество жидкости будетъ все обращено въ пары, и пары сіи будутъ нагрѣваемы далѣе; то они перестанутъ уже насыщать пространство, будутъ расширяться подобно всѣмъ газамъ, и приращенія въ нихъ упругости будутъ возрастать пропорціонально соотвѣтственнымъ приращеніямъ температуръ.

256. *Плотность паровъ.* — Гей-Люсакъ придумалъ слѣдующій способъ для опредѣленія относительнаго вѣса паровъ: для сего надлежитъ выдуть на лампѣ весьма маленькой и весьма тонкой стеклянный пузырекъ (фиг. 141), и найти его вѣсъ; потомъ наполнить его водою (241), и, запаявъ его отверстіе, снова взвѣсить; разность вѣсовъ покажетъ, сколько жидкости будетъ содержаться въ пузырькѣ. Сей пузырекъ должно пропустить въ стеклянный колоколъ (*), размѣренный на части равной емкости (при 0°), который напередъ надлежитъ наполнить чистою ртутью, и краями опустить въ чугунный котелъ, также наполненный ртутью; потомъ окружить сей колоколъ широкимъ стекляннымъ цилиндромъ, открытымъ съ обоихъ концовъ, опустивъ одинъ его конецъ въ ртуть; цилиндръ же сей наполнить водою или масломъ, и, поставивъ весь приборъ надъ печкою, нагрѣвать оный *до температуры кипѣнія воды или той жидкости, какая будетъ находиться въ пузыречкѣ b.* Тогда пузырекъ разрывается, и его жидкость обращается въ пары. Ежели сіи пары своею упругостію не понизятъ ртуть въ

(*) Длина сего колпака отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ фута, а діаметръ около 2 дюймовъ.

колоколъ до самой ея поверхности въ чугунномъ котлѣ, то должно быть увѣрену, что вся жидкость пузырька обратилась въ пары: еслиже упругостію паровъ понизится ртуть до упомянутой поверхности, то можно думать, что не вся жидкость испарилась. Въ послѣднемъ случаѣ надлежитъ снова начать опытъ надъ меньшимъ количествомъ жидкости, пока удостовѣримся, что жидкость вся обращена въ пары, и тогда замѣтить, какой объемъ сіи пары занимаютъ въ колоколѣ.

Изъ сихъ опытовъ Гей-Люсакъ узналъ, что 1 граммъ воды даетъ 1,6964 литра или 1696,4 кубич. центиметровъ паровъ, при температурѣ 100° и при 0,76 метра давленія атмосфернаго. А какъ 1 граммъ воды имѣетъ объемь равный 1 куб. центиметру, слѣдственно 1к. цент. воды даетъ 1696,4 куб. центиметровъ паровъ.

Чтобы найти относит. вѣсъ паровъ воды къ воздуху, припомнимъ себѣ, что 1 литръ воздуха, взятаго при температурѣ 0° и при давленіи 0,76 метра вѣситъ 1,2991 грамма; то 1 литръ воздуха при температурѣ 100° будетъ вѣсить $\frac{1,2991}{1+0,00375\times100} = \frac{1,2991}{1,375}$ г. Но 1 литръ паровъ при тѣхъ же обстоятельствахъ вѣситъ $\frac{1}{1,6964}$ грам., слѣдовательно

плотность паровъ : плотн. воздуха $= \frac{1}{1,6964} : \frac{1,2991}{1,357}$
$= 5:8 = 0,6235 : 1$

Принимая плотность воздуха, при той же температурѣ и при томъ же давленіи атмосферы за единицу, Гей-Люсакъ опредѣлилъ по оному способу, что

плотность паровъ виннаго спирта = 1,613
— сѣрнаго эѳира 2,586
— углеродистой сѣры 2,645
— терпентиннаго масла 5,013

257. *Между плотностью пара и плотностью воздуха, взятаго при той же температурѣ и томъ же давленіи, находится постоянное отношеніе, будетъ ли пространство оными паромъ насыщено или нѣтъ.* Въ самомъ дѣлѣ, возмемъ въ разсмотрѣніе пары насыщающіе пространство при какой нибудь температурѣ, имѣющіе нѣкоторую упругость, и возмемъ воздухъ при той же температурѣ и имѣющій ту же упругость: ежели нагрѣть сіи пары и воздухъ на одинакое число градусовъ, то обѣ сіи жидкости разширятся на одинакое количество, и слѣдственно отношеніе между ихъ плотностями останется тоже самое; если потомъ увеличить давленіе на обѣ жидкости до того, что пары получатъ наибольшую густоту, то объемы ихъ уменьшится въ одинакомъ отношеніи, и слѣдственно опять отношеніе между ихъ плотностями останется постояннымъ. По сему можно положить общимъ закономъ, что плотность паровъ воды, насыщающихъ или ненасыщающихъ пространство, при той же температурѣ и подъ тѣмъ же давленіемъ, равна $\frac{5}{8}$ плотности воздуха.

258. Теперь не трудно найти плотность паровъ воды при какой ни есть температурѣ $t°$, когда ихъ плотность 0,6235 при 100° и при давленіи 0,76 метра извѣстна. Ибо

1 литръ воздуха, взятаго при 0°, при темпертурѣ 100° получитъ объемъ 1,375 литра;
а при $t°$ получитъ объемъ $1 + 0{,}00375\, t$;

плотности же его D, D′ при оныхъ обстоятельствахъ будутъ обратно пропорціональны объемамъ

$$D : D' = 1 + 0{,}00375t : 1{,}375,$$ откуда

$$D' = \frac{D \, . \, 1{,}375}{1 + 0{,}00375t};$$

а плотность паровъ воды при t° будетъ

$$d = \tfrac{5}{8} \, D \, . \, \frac{1{,}375}{1 + 0{,}00375t} = \frac{0{,}6235 \, . \, 1{,}375}{1 + 0{,}00375t}.$$

А еслибы пары имѣли упругость h, различную отъ 0,76 метра = 760 миллиметровъ, то ихъ плотность была бы

$$d = \frac{h \, . \, 0{,}6235 \, . \, 1{,}375}{760\,(1 + 0{,}00375t)}.$$

Тоже самое разсужденіе можно примѣнить и къ парамъ другихъ жидкостей.

259. Ежели толстую стеклянную трубку, наполненную до одной четверти водою и запаянную съ обоихъ концовъ, подвергать сильному нагрѣванію, то при нѣкоторой температурѣ вся вода превратится въ пары, коихъ плотность очевидно будетъ только вчетверо менѣе плотности капельной воды. Опытъ сей произведенъ въ первый разъ Г-мъ *Каньяръ де ла Туръ*, и температура для сего потребная была почти равна той, при которой плавится *цинкъ*. Онъ нашелъ также, что винный спиртъ при 259° превращается весь въ пары въ пространствѣ почти въ трое большемъ его объема въ капельномъ состояніи, и сила упругости его тогда равняется 119 атмосферамъ. Эѳиръ при 200° испаряется совершенно въ пространствѣ только вдвое большемъ его объема, и сила упругости его паровъ тогда = 37 атмосферамъ. При температурахъ гораздо высшихъ, сіи жидкости превратились бы въ пары еще въ гораздо меньшихъ пространствахъ. Изъ сего надлежитъ заключить, что плотность пара можетъ сдѣлаться почти равною плотности его въ капельномъ состояніи.

260. *Упругость смѣси газа съ парами.* — Ежели смѣшать какой нибудь газъ съ парами въ закрытомъ сосудѣ, то упругость смѣси будетъ равна суммѣ упругостей смѣшанныхъ веществъ. Законъ сей открытъ еще *Дальтономъ*; а *Гей-Люсакъ* придумалъ весьма хорошій приборъ для подтвержденія онаго на опытѣ. Сей приборъ состоитъ изъ стеклянной цилиндрической трубы, раздѣленной на части ровной ёмкости, и закрываемой съ обоихъ концовъ желѣзными кранами R, R′, (фиг. 142). Немного выше нижняго крана R припаяна трубка *ab* отъ 2 до 3 линій въ діаметрѣ; надъ краномъ R привинчивается стеклянный шаръ, закрываемый своимъ краномъ *r*. Отвинтивъ шаръ S вытягиваютъ изъ него воздухъ, и наполняютъ какимъ нибудь газомъ; потомъ наполняютъ трубу AB чистою ртутью, къ ней привинчиваютъ шаръ S, и открываютъ краны *r*, R, R′; тогда ртуть будетъ выходить изъ AB, *ab*, а газъ будетъ входить въ трубку AB. Когда будетъ впущено достаточное количество газа; то закрываютъ краны R, R′, и отвинчиваютъ шаръ; а въ трубку *ab* вливаютъ столько ртути, чтобъ, она въ обѣихъ трубкахъ стояла на одинакой высотѣ, и чтобы упругость газа была равна внѣшнему давленію атмосферы.

Чтобы впустить паровъ какой нибудь жидкости въ трубу AB, то для сей цѣли на верхнемъ кранѣ R дѣлается коническое углубленіе *e*. Въ сіе углубленіе наливаютъ нѣсколько капель наприм. воды, и потомъ поворачиваютъ кранъ сей внизъ онымъ углубленіемъ: тогда капли воды падаютъ въ трубу AB, и начинаютъ испаряться. Симъ способомъ надлежитъ ввести

столько капель воды, чтобы ея парами могъ быть газъ насыщенъ.

Отъ присутствія паровъ упругость газа увеличится, и ртуть, опустившись въ трубкѣ AB, подымется въ ab. Тогда должно отворить кранъ R′, и выпустить столько ртути, чтобы она въ обѣихъ трубкахъ стояла на одинакой высотѣ.

Сила упругости газа вначалѣ опыта была равна внѣшнему давленію атмосферы, и объемъ его былъ V. Теперь положимъ, что онъ занимаетъ объемъ V′; слѣдственно его упругость, по закону Маріоттову, измѣнится въ обратномъ содержаніи объемовъ V, V′, и сдѣлается равна $\frac{HV}{V'}$. Изъ таблицы Дальтона (стр. 278) найдемъ силу упругости f паровъ воды въ пустотѣ, соотвѣтственную температурѣ опыта.

Ежели отъ смѣшенія газа и паровъ упругости ихъ не перемѣнились, то сумма ихъ упругостей должна быть равна внѣшнему давленію атмосферы

$$\frac{VH}{V'} + f = H.$$

Вычисливъ упругость $\frac{VH}{V'}$, и придавъ къ ней упругость f, мы всегда найдемъ, что сумма ихъ будетъ равна H. Изъ сего и заключаемъ, что въ смѣси газовъ съ парами, какъ и въ смѣси газовъ между собою, каждая часть сохраняетъ свою упругость, какую бы она имѣла, еслибы взята была отдѣльно въ томъ же объемѣ и при тойже температурѣ. А изъ сего далѣе слѣдуетъ, что *количество паровъ, потребное для насыщенія даннаго пространства при опредѣленной температурѣ, дол-*

жно быть одинаково, будетъ ли оное пространство пустое или наполненное какимъ нибудь газомъ.

261. *Смѣшеніе влажныхъ газовъ.* — Посли̂ку упругости паровъ, насыщающихъ пространство при разныхъ температурахъ, вовся не пропорціональны симъ температурамъ (стр. 278); то необходимо слѣдуетъ, что, при смѣшеніи двухъ равныхъ массъ воздуха, имѣющихъ разныя температуры и насыщенныхъ парами воды, нѣкоторая часть паровъ должна перейти въ капельную жидкость. Изъ таблицы Дальтона видно, что упругость паровъ при температурѣ 10°, равна 9,475, и при температурѣ 30, равна 30,648 миллим.. Смѣшаемъ 1 куб. футъ воздуха насыщеннаго парами при 10°, съ 1 куб. фут. воздуха насыщеннаго парами при 30° : температура смѣси будетъ $\frac{10 + 30}{2} = 20°$, и упругость паровъ оной была бы $= \frac{9{,}475 + 30{,}648}{2} =$ 20,061 миллим., еслибы упругости паровъ увеличивались пропорціонально температурамъ. Но какъ упругость паровъ, насыщающихъ воздухъ при 20°, равна 17,314; то, при смѣшеніи, часть паровъ, пропорціональная разности 20,061 — 17,914 = 2,747, и перейдетъ въ капельное состояніе.

Переходъ нѣкоторой части паровъ въ капельное состояніе можетъ произойти и тогда, когда воздухъ не былъ бы ими насыщенъ. Зная, что упругости паровъ, насыщающихъ воздухъ при температурахъ 10° и 50°, суть 9,475 и 88,742, смѣшаемъ 1 куб. футъ воздуха при 10°, коего пары имѣютъ упругость 8,5, съ однимъ куб. футомъ воздуха, взятаго при 50°, коего упругость паровъ = 63,5 : температура смѣси будетъ

$\frac{10 + 50}{2} = 30°$, и упругость ея паровъ была бы $\frac{8,5 + 63,5}{2} = 41$, еслибы упругости возрастали пропорціонально температурамъ. Но какъ упругость паровъ, насыщающихъ воздухъ при температурѣ 30°, есть $30,643 < 41$; то и въ семъ случаѣ произойдетъ осажденіе паровъ, пропорціональное разности упругостей $41 - 30,643 = 10,357$.

Отъ сего-то перехода большей или меньшей части паровъ воды, при смѣшеніи влажныхъ массъ воздуха, зависитъ происхожденіе многихъ водяныхъ метеоровъ, каковы туманы, облака, дождь. Отъ сего же холодный воздухъ, вступающій въ паровыя бани, а иногда и въ теплыя комнаты, производитъ въ оныхъ густой туманъ; воздухъ, выдыхаемый нами зимою, также имѣетъ видъ тумана. Ежели внимательно разсматривать туманъ сквозь увеличительное стекло, то усмотримъ, что онъ состоитъ изъ мелчайшихъ водяныхъ сферическихъ оболочекъ, носящихся въ воздухѣ. *Соссюръ*, во время своихъ путешествій по Алпійскимъ горамъ, многократно имѣлъ случай проходить сквозь массы паровъ, составляющихъ облака, и, разсматривая оныя, замѣтилъ первый, что и онѣ состоятъ изъ *пузырчатыхъ паровъ*, какъ и обыкновенные туманы. Изъ сего видно, что частички осаждающихся изъ воздуха паровъ, слѣпляясь между собою съ разныхъ сторонъ, захватываютъ (вѣроятно) частички воздуха и составляютъ около нихъ сіи сферическія оболочки.

Гигрометрія.

262. Когда воздухъ представляется намъ совершен-

но сухимъ, онъ содержитъ въ себѣ еще много паровъ воды. Ежели какой нибудь сосудъ наполнить смѣсью изъ поваренной соли и снѣга, то тотчасъ водяные пары, содержащіеся въ воздухѣ, начинаютъ садиться на стѣнки сосуда, и покрываютъ ихъ влагою либо замерзаютъ на оныхъ.

При изслѣдываніяхъ физическихъ весьма часто нужно бываетъ знать, какое количество паровъ находится въ воздухѣ или въ данномъ газѣ.

263. Еслибы воздухъ былъ совершенно насыщенъ парами при какой нибудь температурѣ, то, по таблицѣ Дальтона (стр. 278) отъискавши упругость f паровъ, сотвѣтственную оной температурѣ, мы могли бы найти ихъ плотность. Въ самомъ дѣлѣ, 1 литръ воздуха при температурѣ t и давленіи f, вѣситъ $\frac{1{,}2991\ f.}{(1+0{,}00375t)\,760}$ грамовъ; а одинъ литръ паровъ будетъ вѣсить $\frac{10.\,1{,}2991\,.f}{16\,(1+0{,}00375\,t)\,760}$ грам. Но ежели воздухъ не совершенно насыщенъ парами, тогда надлежитъ искать другихъ средствъ для вычисленія количества воды, въ немъ находящейся. Въ семъ-то и состоитъ предметъ *Гигрометріи*. Большее или меньшее количество паровъ, содержащихся въ воздухѣ, составляетъ его *гигрометрическое состояніе*; а приборы, служащіе для показанія различныхъ степеней влажности газовъ и для опредѣленія количества ихъ паровъ, называются *гигроскопами* и *гигрометрами*.

264. Почти всѣ гигроскопы основываются на измѣненіи объема органическихъ тѣлъ, происходящемъ отъ соединенія ихъ съ водою, и отдѣленія оной изъ нихъ въ состояніи паровъ. Извѣстно, что кишечныя стру-

ны, употребляемыя въ музыкальныхъ инструментахъ, отъ сырости воздуха раскручиваются, становятся короче, и перемѣняютъ напряженіе и тонъ; бумага, пергаментъ теряютъ отъ влажности свою упругость и увеличиваются въ объемѣ; волосы животныхъ становятся длиннѣе, и проч.

265. Но изъ всѣхъ тѣлъ, измѣняющихся въ объемѣ своемъ отъ влажности и сухости воздуха, нѣтъ ни одного чувствительнѣе и постояннѣе въ своихъ измѣненіяхъ, какъ волосы животныхъ. Симъ свойствомъ воспользовался *Соссюръ* (1778 года), и построилъ весьма употребительный гигрометръ, извѣстный подъ именемъ *волосяного* или *Соссюрова гигрометра*.

Для построенія онаго надобно взять пучекъ мягкихъ волосъ, и кипятить оные полчаса въ водѣ, содержащей $\frac{1}{100}$ часть углекислаго натра, а потомъ обмыть въ чистой водѣ. Симъ дѣйствіемъ отдѣлится отъ нихъ жирное вещество, которое защищаетъ ихъ поверхность отъ дѣйствія влаги. Такой волосокъ закрѣпивши неподвижно однимъ концомъ *a*, даютъ ему вертикальное направленіе (фиг. 143), обводятъ нѣсколько разъ около весьма подвижнаго валика *b*, обращающаго легкую стрѣлку *cd*, и прикрѣпляютъ къ оному; а къ другому концу волоска привѣшиваютъ маленькую гирьку *p*. Отъ различныхъ степеней влажности волосокъ удлинняется или укорачивается: въ первомъ случаѣ гирька *p* опускается ниже, и поворачиваетъ стрѣлку вверхъ; а во второмъ случаѣ стрѣлка поворачивается внизъ и указываетъ различные степени влажности по дугѣ, раздѣленной на градусы. Для раздѣленія же дуги на градусы *Соссюръ* принялъ два постоянныхъ предѣла, именно: *предѣлъ наибольшей сухости воздуха* и *предѣлъ*

его наибольшей влажности. Для опредѣленія первой точки привѣшиваютъ гигрометръ въ узкомъ стеклянномъ колоколѣ, туда же ставятъ въ избыткѣ сухаго хлористаго кальція, и защищаютъ отъ сообщенія съ внѣшнимъ воздухомъ. Хлористый кальцій, черезъ два или три дня, соединится совсѣмъ парами содержащимися подъ колоколомъ; и доведетъ воздухъ до наибольшей сухости : тогда стрѣлка, обращаясь постепенно внизъ, наконецъ остановится на нѣкоторой точкѣ дуги, которую замѣчаютъ, и ставятъ при ней *o*°. Потомъ сей же колоколъ съ гигрометромъ ставятъ надъ водою; отъ сего воздухъ подъ колоколомъ совершенно насытится парами воды; стрѣлка, поворачиваясь вверхъ, наконецъ остановится на нѣкоторой точкѣ, которую замѣчаютъ, и при ней ставятъ 100°. Послѣ сего дѣлятъ дугу между 0° и 100° на́ 100 равныхъ частей, или *градусовъ гигрометра.*

266. Волосокъ гигрометра дѣйствуетъ на пары воды силою своего сродства къ оной; онъ соединяется съ сими парами до толѣ, пока его сродство, постепенно уменьшающееся, не будетъ въ состояніи осаждать ихъ болѣе. *Ежели пары насыщаютъ пространство*, то и волосокъ напитывается оными до наибольшей степени; ибо въ семъ случаѣ малѣйшая сила сродства бываетъ достаточна для ихъ сгущенія въ капельное состояніе : и какъ сила сродства волоска къ водѣ постоянна, то онъ всегда соединяется съ одинакимъ количествомъ оной, получаетъ одинакое приращеніе длины, и показываетъ 100° при всякихъ температурахъ. Но *ежели пространство не совершенно насыщено парами*, тогда уже всякой малой силы не будетъ достаточно для ихъ сгущенія въ капельное состояніе; потому что

они могутъ сопротивляться извѣстной степени давленія и извѣстной степени охлажденія. А изъ сего слѣдуетъ, что въ семъ случаѣ волосокъ перестанетъ соединяться съ парами тогда, когда его сродство придетъ въ равновѣсіе съ силою упругости паровъ.

267 Волосные гигрометры, хорошо сдѣланные, всегда бываютъ вѣрны въ своихъ показаніяхъ, даже еслибы они были устроены изъ разныхъ волосъ. Они показываютъ намъ не только степени влажности или сухости воздуха, но могутъ служить для опредѣленія самаго количества его паровъ: для сего довольно только имѣть таблицу, въ которой бы показаны были упругости паровъ, соотвѣтственныя различнымъ градусамъ гигрометра. Такую таблицу и составилъ Гей-Люсакъ, руководствуясь слѣдующими наблюденіями: онъ сперва замѣтилъ, что если въ водѣ растворить какую нибудь соль, имѣющую къ ней большое сродство, то, хотя бы сей растворъ находился въ безвоздушномъ пространствѣ, пары воды изъ него отдѣляющіеся, не могутъ довести сего пространства до насыщенія, и слѣдственно будутъ имѣть упругость менѣе, нежели пары насыщающіе пространство. Отдѣленіе паровъ увеличится, ежели къ сему раствору прибавить воды болѣе. Такимъ об. Гей-люсакъ бралъ растворы солей, опредѣлялъ ихъ упругость при температурѣ 10°, вносилъ въ нихъ хорошій гигрометръ, замѣчалъ на немъ число градусовъ соотвѣтственное оной упругости, и изъ своихъ наблюденій составилъ слѣдующую таблицу, въ которой упругость паровъ насыщающихъ пространство при температурѣ 10° означена числомъ 100 вмѣсто 9,48 миллиметровъ (стр. 278).

Упруг. паровъ	Градус. гигром.	Упруг. паровъ	Градус. гигром.	Градус гигром.	Упруг. паровъ.	Градус гигром	Упруг. паровъ.
0°	0,00	45	68,24	0°	0,00	45	24,13
1	2,19	46	69,03	1	0,45	46	24,86
2	4,37	47	69,83	2	0,90	47	25,59
3	6,56	48	70,62	3	1,35	48	26,32
4	8,75	49	71,42	4	1,80	49	27,06
5	10,94	50	72,21	5	2,25	50	27,79
6	12,93	51	72,94	6	2,71	51	28,58
7	14,92	52	73,68	7	3,18	52	29,38
8	16,92	53	74,41	8	3,64	53	30,17
9	18,91	54	75,14	9	4,10	54	30,97
10	20,91	55	75,87	10	4,57	55	31,76
11	22,81	56	76,54	11	5,05	56	32,66
12	24,71	57	77,21	12	5,52	57	33,57
13	26,61	58	77,88	13	6,00	58	34,47
14	28,51	59	78,55	14	6,48	59	35,37
15	30,41	60	79,22	15	6,96	60	36,28
16	32,08	61	79,84	16	7,46	61	37,31
17	33,76	62	80,46	17	7,95	62	38,34
18	35,43	63	81,08	18	8,45	63	39,36
19	37,11	64	81,70	19	8,95	64	40,39
20	38,78	65	82,32	20	9,45	65	41,42
21	40,27	66	82,90	21	9,97	66	42,58
22	41,76	67	83,48	22	10,49	67	43,73
23	43,26	68	84,06	23	11,01	68	44,49
24	44,75	69	84,64	24	11,53	69	46,04
25	46,24	70	85,22	25	12,05	70	47,19
26	47,55	71	85,77	26	12,59	71	48,51
27	48,86	72	86,31	27	13,14	72	49,82
28	50,18	73	86,86	28	13,69	73	51,14
29	51,49	74	87,41	29	14,23	74	52,45
30	52,81	75	87,95	30	14,78	75	53,76
31	53,96	76	88,47	31	15,36	76	55,25
32	55,11	77	88,99	32	15,94	77	56,74
33	56,27	78	89,51	33	16,52	78	58,24
34	57,42	79	90,03	34	17,10	79	59,73
35	58,58	80	90,55	35	17,68	80	61,22
36	59,61	81	91,05	36	18,30	81	62,89
37	60,64	82	91,55	37	18,92	82	64,57
38	61,66	83	92,05	38	19,54	83	66.24
39	62,69	84	92,54	39	20,16	84	67,92
40	63,72	85	93,04	40	20,78	85	69,59
41	64,63	86	93,52	41	21,45	86	71,49
42	65,53	87	94,00	42	22,12	87	73,39
43	66,43	88	94,48	43	22,79	88	75,29
44	67,34	89	94,95	44	23,46	89	77,19

Упруг. паровъ	Градус. гигром.	Упруг. паровъ	Градус. гигром.	Градус гигром.	Упруг. паровъ.	Градус гигром.	Упруг. паровъ.
90	95,43	96	98,20	90	79,09	96	91,25
91	95,90	97	98,69	91	81,09	97	93,44
92	96,36	98	99,10	92	83,08	98	95,63
93	96,82	99	99,55	93	85,08	99	97,81
94	97,29	100	100,00	94	87,07	100	100,00
95	97,75			95	89,06		

Сія таблица показываетъ, что между степенями влажности воздуха и удлинненіями волоска нѣтъ ни какой пропорціональности.

268. *Задача.* Узнать, сколько паровъ содержится въ 1 литрѣ такого воздуха, въ которомъ гигрометръ показываетъ 80 градусовъ, при температурѣ 10°?

Изъ таблицъ видно, что 80-ти градусамъ гигрометра соотвѣтствуетъ число 61,22, пропорціональное упругости паровъ; а 100 градусамъ онаго соотвѣтствуетъ число 100. По сему, упругости, а слѣдственно и плотности D, *d*, паровъ, соотвѣтственныя градусамъ 100 и 80 относятся между собою какъ 100 къ 61,22,

$$D : d = 100 : 61,22; \text{ откуда}$$
$$d = D \,.\, 0,6122.$$

Но мы видѣли (263), что плотность D паровъ, совершенно насыщающихъ пространство при 10° Ц. т., есть

$$D = \frac{10 \,.\, 1,2991 \,.\, 9,48}{16 \,.\, (1 + 0,00375 \,.\, 10) 760} = 0,009762 \text{ грамм.},$$

посему вѣсъ *d* паровъ въ 1 литрѣ будетъ

$$d = 0,009761 \,.\, 0,6122 = 0,005976 \text{ граммовъ}.$$

Предѣлы оной книги не позволяютъ мнѣ говорить здѣсь о *гигрометрахъ Делюка*, *Даніеля*, и о *Психрометрѣ Августа*. О семъ подробно можно читать въ

Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande. v. A. Baumgartner. Supplementband, S. 259 — 284. Wien 1831. Handbuch der Naturlehre v. Dr. G. W. Muncke. S. 520. Heidelberg. 1829.

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ.

О ДВИЖЕНІИ ТѢЛЪ ВОЗДУХООБРАЗНЫХЪ.

(*Аэродинамика.*)

269. *О вытеканіи сгущеннаго воздуха.* — Ежели сгустить воздухъ или иной газъ въ какомъ нибудь сосудѣ, и открыть въ ономъ малое отверстіе, то онъ будетъ вытекать изъ сего сосуда въ *пустое пространство* со скоростію пропорціональною силѣ его расширѣнія или упругости; въ *пространство же, наполненное воздухомъ,* со скоростію пропорціональною разности между упругостію газа и упругостію внѣшняго воздуха.

Скорость вытеканія газа въ пустое пространство, опредѣляется, какъ и въ капельныхъ жидкостяхъ, формулою $v = \sqrt{2gx}$, гдѣ x означаетъ высоту такого столба онаго газа, который своимъ давленіемъ можетъ сообщить ту упругость, съ которою онъ вытекаетъ. Пусть D есть плотность ртути, и H высота столба ртути, измѣряющая упругость сгущеннаго газа, d плотность газа при температурѣ 0° и при среднемъ давленіи атмосферы: то плотность d' газа при давленіи H, и при температурѣ t°, сдѣлается

$$d' = \frac{Hd}{0{,}76\,(1+0{,}00375t)};$$

а по закону равновѣсія разнородныхъ жидкостей (180) имѣемъ $x : H = D : d'$, откуда

$$x = \frac{HD}{d'};$$

слѣдственно скорость вытеканія газа въ пустое пространство будетъ

$$v = \sqrt{\frac{2gHD}{d'}} = \sqrt{\frac{2gD \,.\, 0,76\,(1 + 0,00375t)}{d}}\;; \;(*)$$

а скорость вытеканія газа въ пространство, наполненное воздухомъ, котораго упругость измѣряется высотою h столба ртути, будетъ

$$v' = \sqrt{\frac{2g[H - h]D}{d'}}$$

Первое изъ сихъ выраженій показываетъ, что скорость одного и того же газа, переходящаго въ пустое пространство, при одной и той же температурѣ, постоянна, и независитъ отъ степени его сгущенія; что газы плотнѣйшіе, при тѣхъ же обстоятельствахъ, имѣютъ скорость менѣе газовъ рѣдчайшихъ. Второе же выраженіе показываетъ, что скорость v' уменьшается, когда $H - h$ дѣлается менѣе, и когда d' болѣе.

Количество газа, *вытекающаго* въ 1'' времени должно быть равно произведенію av; гдѣ a есть площадь отверстія, сквозь которое газъ выходитъ, v — скорость.

270. Для повѣренія сихъ теоретическихъ выводовъ были производимы опыты Лагергельмомъ, Кохомъ, Г.

(*) Ежели вытекающій газъ есть воздухъ, взятый при $t = 0°$, то $d = 0,001299$, $D = 13,59$, $g = 8,8088$; и найдется $v = 409,4$ метровъ въ 1'' времени.

Шмидтомъ, Добюйсономъ, Жирардомъ и Каньяръ-де-Латуромъ. Сіи опыты показали, что скорость, вычисляемая по теоріи, согласуется со скоростію находимою изъ опыта; что количество истеченія выходитъ болѣе для газовъ рѣдчайшихъ, нежели плотнѣйшихъ; что прочіе законы вытеканія газовъ почти одинаковы съ законами вытеканія капельныхъ жидкостей. Такимъ об. *Добюйсонъ* открылъ, что вытекающая струя газа получаетъ сжатіе: отъ чего количество газа, вытекающаго въ 1'' времени, получается 0,65*av*, или 0,93*av* или 0,95*av*, смотря по тому, выходитъ ли онъ сквозь отверстіе, сдѣланное въ тонкой стѣнкѣ, или по короткой придаточной цилиндрической трубкѣ, либо по трубкѣ конической, не много расширяющейся (Ann. de Chimie, juillet. 1826). Выводы сіи имѣютъ себѣ непосредственное примѣненіе къ теоріи устроенія мѣховъ. См. Gilb. Ann. LXVI. 39. Также Versuche und Beobachtungen über die Geschwindigkeit und Quantität verdichter atmosph. Luft, welche aus Oeffnungen ausströmt. *Koch*. Gott. 1823. 8.

271. Ежели къ отверстію приставлена будетъ длинная трубка, то количество газа, вытекающаго посредствомъ оной, получается болѣе, нежели при вытеканіи простымъ отверстіемъ. Впрочемъ если трубка имѣетъ большую длину, то, по причинѣ тренія газа о ея стѣнки, количество вытеканія начинаетъ значительно уменьшаться. Сопротивленіе движенію въ семъ случаѣ возрастаетъ пропорціонально длинѣ трубки, пропорціонально квадрату средней скорости газа, и обратно пропорціонально діаметру трубки (см. 208). Сіи выводы имѣютъ примѣненіе къ движенію углеро-

дисто-водороднаго газа по сообщительнымъ трубкамъ *термолампъ*.

272. Изъ предъидущихъ наблюденій также необходимо слѣдуетъ, что давленіе вытекающаго газа на стѣнки трубокъ бываетъ менѣе того, какое производитъ онъ находясь въ покоѣ, а потому бываетъ иногда положительное, а иногда можетъ сдѣлаться отрицательнымъ. Къ сему послѣднему случаю надлежитъ кажется отнести и слѣдующее явленіе, замѣченное сперва *Гриффитомъ*, а послѣ того *Клеманомъ*, именно : когда воздухъ съ извѣстною скоростью вытекаетъ изъ отверстія трубки A (фиг. 144), оканчиваю-оканчивающейся кругомъ *mn*, и противъ сего круга поднести другой *pq*, то онъ сперва оттолкнется, а потомъ начнетъ къ нему притягиваться. Еслибы въ семъ послѣднемъ кругѣ были сдѣланы отверстія, и въ нихъ были вставлены стеклянныя трубки, опущенныя въ воду (фиг. 145); то, при вытеканіи воздуха по трубкѣ A, вода начнетъ подниматься по стекляннымъ трубкамъ круга *pq*, какъ показываетъ фигура.

273. Всякой газъ, сгущенный въ какомъ нибудь сосудѣ, упругостію своею производитъ давленіе на стѣны его во всѣ стороны съ равною силою. Если же онъ начинаетъ вытекать посредствомъ отверстія, то давленіе противъ сего отверстія уничтожается; на противоположную же часть сосуда оно остается, и побуждаетъ сосудъ двигаться въ противную сторону истеченію. Въ семъ дѣйствіи легко увѣриться слѣдующ. образомъ : наполнимъ газомъ живошный пузырь A (фиг. 146), запираемый своимъ краномъ, на концѣ котораго находится подвижная около оси трубка MN, принимающая газъ своимъ центромъ, и выпус-

кающая оный двумя боковыми отверстіями *m*, *n*. Если сжимать сей пузырь такъ, чтобы газъ вытекалъ, то трубка MN начинаетъ быстро обращаться въ сторону, противную истеченію. Симъ дѣйствіемъ производится откатъ или отталкиваніе огнестрѣльныхъ орудій во время вспышки пороха; также движеніе ракетъ, вращательное движеніе фейерверкскихъ колесъ, и проч.

274. *Движенія воздуха отъ измѣненія температуры въ частяхъ онаго.* — Ежели нѣкоторыя части воздуха получатъ температуру болѣе другихъ, то онѣ сдѣлавшись менѣе плотными, будутъ стремиться подниматься вверхъ. Наприм. если 1 куб. футъ нагрѣтаго воздуха будетъ находиться въ воздухѣ холодномъ, то онъ будетъ подниматься вверхъ силою, равною разности между вѣсомъ 1 куб фута холоднаго воздуха и вѣсомъ его собственнымъ. Возхожденіе теплаго воздуха должно происходить равномѣрно-ускорительно; только отъ сопротивленія внѣшняго воздуха и другихъ препятствій сіе движеніе переходитъ въ равномѣрное и даже въ укоснительное.

275. Ежели нагрѣтый воздухъ движется въ вертикальной трубѣ имѣющей высоту h и температуру T, то скорость его зависитъ отъ разности между вѣсомъ столба воздуха внутренняго, имѣющаго высоту h, и вѣсомъ такой же величины столба воздуха внѣшняго, или отъ разности между высотами сихъ столбовъ, когда бы мы привели ихъ къ одинакой температурѣ T. Пусть t есть температура внѣшняго воздуха, то высота h внѣшняго столба воздуха при температурѣ T сдѣлается $h(1+0{,}00375(T-t))$; разность высотъ $h(1+0{,}00375(T-t))-h=0{,}00375(T-t)h$

и будетъ та самая высота, съ которой падающее тѣло можетъ получить скорость $v = \sqrt{2gh \,.\, 0,00375(T-t)}$, съ которою нагрѣтый воздухъ долженъ входить по трубкѣ. Ежели положимъ, что $T = 100°$, $t = 0°$, $h = 50$ метровъ, $g = 9,8088$, то найдется $v = 19,18$ метровъ въ $1''$ времени.

Въ трубахъ печныхъ, гдѣ движется воздухъ полусгорѣвшій, скорость онаго будетъ

$$v' = 0,97\sqrt{2gh \,.\, 0,00375(T - t)}.$$

Г. Пекле изъ собственныхъ опытовъ увѣрился, что и въ семъ случаѣ движущійся воздухъ встрѣчаетъ попротивленіе пропорціональное длинѣ трубы, квадрату скорости и обратно-пропорціональное ея поперечнику. Отъ сихъ препятствій, дѣйствительныя скорости v, v' сдѣлаются, при движеніи въ глиняныхъ трубахъ

$$v.\ 2,06\sqrt{\frac{D}{L+4D}},\quad v'.\ 2,06\sqrt{\frac{D}{L+4D}};$$

въ трубахъ желѣзныхъ

$$v.\ 3,25\sqrt{\frac{D}{L+10D}},\quad v'.\ 3,25\sqrt{\frac{D}{L+10D}};$$

въ трубахъ чугунныхъ

$$v.\ 4,61\sqrt{\frac{D}{L+20D}},\quad v'.\ 4,61\sqrt{\frac{D}{L+20D}}.$$

Выводы сіи получилъ Г. Пекле болѣе нежели изъ 1500 наблюденій, дѣланныхъ имъ надъ трубами различной длины L и діаметровъ D.

276. Ежели труба, наполненная горячимъ воздухомъ закрыта снизу перегородкою, въ которой находится малое отверстіе; то скорость движущагося воздуха увеличится, и сдѣлается тѣмъ болѣе, чѣмъ отверстіе менѣе, по крайней мѣрѣ до нѣкотораго предѣла. Сіе

увеличеніе скорости вѣроятно зависитъ отъ того, что струя воздуха не встрѣчаетъ для себя сопротивленія о стѣны трубы, и гораздо менѣе встрѣчаетъ сопротивленія отъ теплаго воздуха трубы, нежели каковое встрѣчаетъ теплый воздухъ, выходящій изъ трубы, отъ холоднаго.

Сіи законы движенія имѣютъ себѣ важное примѣненіе къ выгодному устроенію печныхъ трубъ, о чемъ во всей подробности можно читать въ Traité de la chaleur et de ses applications aux arts et aux manufactures, par E. Péclet. Paris. 1828. 8°.

277. Сжатія и расширѣнія воздуха, произходящія отъ измѣненія температуры въ различныхъ областяхъ атмосферы, выводятъ оную не прерывно изъ состоянія равновѣсія, и производятъ въ ней различныя теченія, называемыя *вѣтрами*. Причины вѣтровъ весьма многоразличны, и изслѣдованіе оныхъ составляетъ важную часть метеорологіи. (См. Manuel de météorologie, par I. B. Feleus. Paris. 1828).

Движеніе вѣтровъ извѣстную сторону можетъ быть сравнено съ движеніемъ воды въ каналахъ или рѣкахъ, особливо, когда оное происходитъ въ мѣстахъ гористыхъ. Если долина, служащая путемъ и какъ бы ложемъ для движущагося воздуха, не имѣетъ по всюду одинакой ширины, то скорость вѣтра должна быть большею въ мѣстахъ узкихъ, нежели широкихъ; ибо въ обоихъ случаяхъ стремится проходить одинакое количество воздуха въ одно и тоже время. И дѣйствительно, замѣчается постоянно, что на сушѣ — въ мѣстахъ гористыхъ, а на морѣ — въ проливахъ и между группами острововъ свирѣпствуютъ сильнѣйшія бури и ураганы.

278. Скорость вѣтра опредѣляется различными способами. Орудія, служащая для оной цѣли, называются *анемометрами*. Мы упомянемъ здѣсь только о *Линдовомъ* анемометрѣ, посредствомъ котораго можно находить скорость вѣтра также, какъ находятъ скорость теченія воды посредствомъ Питотова прибора (217). Онъ состоитъ изъ сифонной трубки *abcd* (фиг. 147), открытой съ обоихъ концовъ, которой одинъ рукавъ *cd* загнутъ горизонтально и постоянно направляется противъ вѣтра посредствомъ флюгера. Вѣтеръ, вступая въ трубку *cdb* давитъ на воду, въ ней находящуюся, и заставляетъ оную возвыситься въ вертикальномъ рукавѣ *ab* до такой высоты *mn*, съ которой падающее тѣло можетъ пріобрѣсть ту скорость, которую воздухъ имѣетъ. Замѣтивъ высоту $mn = h$, поставимъ оную въ формулу

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{d}},$$

то и опредѣлится искомая скорость v. Наприм. ежели $h = 5$ лин. $= \frac{1}{24}$ Рус. фута, то, поставивъ $g = 32$ Р. фута, и $d = 0{,}00129$, найдется скорость $v = 45{,}4$ фута въ $1''$ времени.

Давленіе такого вѣтра на поверхность 1 квадр. фута будетъ равно вѣсу такого столба воды которому основаніемъ служитъ сія поверхность, а высота $= \frac{1}{24}$ фута, то есть

$$1 \text{ кв. ф.} \times \frac{1}{24} \times 69{,}2 = 2{,}9 \text{ Рус. фунта.}$$

Наблюденія показали, что когда воздухъ движется со скоростію

въ 1 секунду

0,5 метровъ, то происходитъ вѣтеръ едва примѣтный.

1,0	—	—	—	в. ощутительный,
2,0	—	—	—	в. умѣренный.
5,5	—	—	—	в. довольно сильный.
10,0	—	—	—	в. сильный.
20,0	—	—	—	в. весьма сильный.
22,5	—	—	—	буря.
27,0	—	—	—	великая буря.
36,0	—	—	—	ураганъ.
45,0	—	—	—	сильный ураганъ, который можетъ разрушать зданія и вырывать изъ земли деревья.

279. Когда воздухъ приходитъ въ движеніе, то онъ начинаетъ производить менѣе давленія на земную поверхность, нежели какое онъ производилъ находясь въ покоѣ. Покрайней мѣрѣ замѣчается постоянно, что, предъ приближеніемъ сильнаго вѣтра и въ продолженіи онаго, ртуть въ барометрѣ вдругъ понижается на нѣсколько линій.

280. Ежели два теченія воздуха пересѣкаются между собою, то, въ мѣстѣ ихъ встрѣчи, большая или меньшая масса воздуха не рѣдко получаетъ вращательное движеніе, и образуетъ такъ называемые *вихри*. Подробно о вѣтрахъ читай : Tableau des vents, des mareés et des courans, par Ch. Romme. Paris. 1817. 8°.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

О дрожательномъ движеніи тѣлъ, и о звукѣ.

281. Мы видѣли (116), что когда нѣкоторыя части упругаго тѣла будутъ внѣшнею силою не много выведены изъ своего положенія равновѣсія, и оставлены, то онѣ опять возвращаются къ оному положенію,

совершая около него быстрыя качанія, называемыя *дрожаніями*. Если дрожательное движеніе посредствомъ воздуха или другихъ тѣлъ передается до нашего органа слуха съ достаточною силою и скоростію, то возбуждаетъ въ немъ нѣкоторое опредѣленное ощущеніе, называемое *звукомъ* (son, Schall).

282. Звукъ, какъ прямое слѣдствіе дрожательнаго движенія, былъ первымъ средствомъ, коимъ руководствовались испытатели природы при изслѣдываніи распространенія дрожательнаго движенія по массѣ тѣлъ. Слѣдуя за звукомъ къ тому мѣсту, отъ коего онъ распространяется, мы всегда находимъ въ ономъ какое нибудь упругое тѣло, котораго части находятся въ дрожательномъ движеніи. Напримѣръ, поднося руку къ звенящему колоколу, мы ощущаемъ его дрожанія, сообщающія рукѣ быстрыя ударенія. Звучащая струна видимымъ образомъ быстро качается по обѣ стороны своего положенія равновѣсія. Звукъ кларинета зависитъ отъ дрожаній тонкаго, упругаго язычка, въ немъ находящагося. Голосъ флейты происходитъ отъ дрожательнаго движенія столбика воздуха, въ ней находящагося, и проч.

283. Впрочемъ наше ухо можетъ ощущать звукъ только тогда, когда ему сообщаются дрожанія, имѣющія достаточную силу и скорость. Струна, слабо натянутая, совершая медленныя качанія, не издаетъ звука : но если оную будемъ постепенно болѣе натягивать, то ея движенія сдѣлаются быстрѣе, и, при нѣкоторой скорости, окажется звукъ сначала весьма низкій, который отчасу будетъ становиться выше и слышнѣе.

Звукъ перестаетъ быть слышенъ и тогда, когда

части тѣла хотя имѣютъ достаточную скорость, но совершаютъ слишкомъ малыя размахи. Посему, звучаніе колокола постепенно становится слабѣе, и теряется прежде, нежели прекращается его дрожательное движеніе, хотя его части совершаютъ равновременныя качанія.

284. Изъ сего видно, что звукъ могутъ производить только тѣла, имѣющія значительную упругость: ибо части таковыхъ тѣлъ могутъ приходить въ сильное и скорое дрожательное движеніе. Тѣла же, не имѣющія достаточной упругости, не могутъ производить звука; потому что ихъ части, бывъ выведены изъ состоянія покоя ударомъ, треніемъ или какъ нибудь иначе, возвращаются въ первоначальное положеніе или не совершенно, или медленно, или дѣлая быстрыя, но слишкомъ малыя размахи. По сему-то свинцовый колоколъ не звучитъ; при ударѣ его замѣчается только стукъ, и то произшедшій отъ мгновеннаго потрясенія воздуха.

285. Наблюдая распространеніе звука мы удостовѣряемся, что дрожательное движеніе можетъ передаваться чрезъ тѣла воздухообразныя, капельножидкія и твердыя.

Такимъ образомъ воздухъ служитъ вѣрнымъ проводникомъ рѣчей нашихъ, когда мы другъ съ другомъ разговариваемъ. Посредствомъ его достигаетъ до насъ и жужжаніе летающихъ насѣкомыхъ, и пѣніе птицъ, носящихся въ атмосферѣ, и звуки грома. Ежели ударить камень о камень подъ водою, то стукъ бываетъ слышенъ внѣ воды; извѣстно также, что рыбы, разводимыя въ прудахъ, весьма хорошо приучаются къ звуку колокольчика, посредствомъ котораго созываютъ

ихъ для кормленія или для забавы. А сіе доказываетъ что звукъ проводится и сквозь капельныя жидкости.— Ежели по одному концу длиннаго деревяннаго, или металлическаго шеста потереть булавкою, то человѣкъ, приложившій ухо къ другому концу, ясно услышитъ звукъ, происходящій отъ сего тренія, который черезъ воздухъ онъ и не могъ бы замѣтить (*).

286. Способность проводить звукъ въ тѣлахъ весьма различна и зависитъ отъ ихъ природы и внутренняго строенія. Тѣла весьма упругія проводятъ звукъ скоро и на большое разстояніе; тѣла же несовершенно упругія едва проводятъ звукъ на нѣсколько дюймовъ, таковы : сырыя кожи, шерсть, пенька, полотно, хлопчатая бумага, и проч. Звукъ съ улицъ перестаетъ быть слышенъ, ежели закрыть окна матрацами или войлоками.

287. Звукъ не будетъ слышенъ, если между звучащимъ тѣломъ и нашимъ органомъ слуха не будетъ находиться сообщенія посредствомъ воздуха, или другихъ тѣлъ, проводящихъ звукъ. Ежели въ стеклянномъ сосудѣ ABCD (фиг. 148) къ мѣдной его крышкѣ AB привѣсить колокольчикъ на пеньковой веревочкѣ, привинтить сей сосудъ къ тарелкѣ воздушнаго насоса, и вытянуть воздухъ; а потомъ, закрывъ его кранъ *n*, отвинтить

(*) Ежели положить карманные часы на столъ, и зажать себѣ уши, то бой часовъ не будетъ слышенъ; но если тогда же взять въ ротъ однимъ концомъ желѣзную или мѣдную проволоку, а другимъ концомъ приложить къ часамъ, то ихъ бой слышенъ будетъ очень ясно : онъ здѣсь передается по проволокѣ до воздуха, во рту находящагося, который сообщается съ ухомъ посредствомъ Евстахіевой трубы, и такимъ об. дѣлается ощутительнымъ.

отъ насоса, и трясти сей приборъ, такъ чтобы язычекъ ударялъ о колокольчикъ; то звука не будетъ слышно. Но звукъ обнаружится и будетъ становится сильнѣе, когда будемъ впускать воздухъ въ сей сосудъ. Онъ обнаружится и тогда, когда бы мы въ сей сосудъ впустили другаго какого нибудь газа или паровъ.

Распространеніе звука въ воздухѣ.

288. *Въ воздухѣ всякаго рода дрожательныя движенія распространяются съ одинакою скоростью.* Ибо, если слушать игру музыки на различныхъ разстояніяхъ, то музыкальные тоны всегда будутъ до насъ доходить въ одинакомъ порядкѣ, безъ всякаго нарушенія гармоніи, чего не могло бы произойти, если бы на прим. высокіе тоны имѣли скорость распространенія болѣе скорости тоновъ низкихъ.

289. *Образъ распространенія звука.* — Представимъ себѣ, что въ обширной массѣ воздуха находится звучащее тѣло, и что какая нибудь часть *mn* его поверхности (фиг. 149) совершаетъ быстрыя движенія отъ ab къ $a'b'$, и обратно; то сія часть, двинувшись къ $a'b'$, ударитъ въ прилѣжащій слой воздуха. Сей слой не передастъ мгновенно своего движенія слѣдующимъ за нимъ слоямъ, но сперва сожмется отъ ихъ сопротивленія, и потомъ, стремясь расшириться, сгуститъ второй слой воздуха, который расширяясь сгуститъ третій слой, и т. д. Вся масса воздуха xy получившая сгущеніе, при движеніи части тѣла отъ ab къ $a'b'$, называется *полуволною сгущенною*, а толстота xy оной массы называется *длиною* сего полуволненія. — Когда же часть *mn* отступитъ мгновенно отъ

$a'b'$ къ ab, то въ пространствѣ $aba'b'$ произойдетъ безвоздушная пустота, въ которую начнетъ расширяться первый слой воздуха, потомъ второй, третій, и т. д. Въ то время, когда часть mn дойдетъ до ab, масса воздуха yz получитъ сгущеніе, а масса xy получитъ разрѣженіе; сія масса xy называется *полуволною разрѣженною*; толстота xy оной массы называется *длиною* оной полуволны. По причинѣ совершенной упругости воздуха длина полуволны сгущенной будетъ равна длинѣ полуволны разрѣженной. Два сіи полуволненія составляютъ *цѣлую волну звука*; а сумма ихъ длинъ составляетъ длину xz цѣлой волны.

Такъ какъ часть mn тѣла совершаетъ свои движенія совершенно подобно маятнику, то она имѣетъ наибольшую скорость движенія въ mn, а при ab, $a'b'$ ея скорость бываетъ равна нулю; то слѣдуетъ, что наибольшее сгущеніе полуволны yz происходитъ въ серединѣ ея q, а наименьшее при точкахъ y, z; также наибольшее разрѣженіе волны xy произойдетъ въ серединѣ ея длины, а наименьшее при точкахъ x, y. Если величины сгущенія волны yz, и величины разрѣженія волны xy изобразить длинами линій qq', pp', и проч. перпендикулярныхъ къ xz, то кривая линія, проведенная чрезъ концы оныхъ перпендикуляровъ, будетъ имѣть видъ $xp'yq'z$.

При вторичномъ движеніи части mn отъ ab къ $a'b'$, въ пространствѣ xy произойдетъ полуволна сгущенная а въ пространствѣ yz — полуволна разрѣженная; а при отступленіи отъ $a'b'$ къ ab получится въ пространствѣ xy полуволна разрѣженная, а въ yz полуволна сгущенная, и т. д.

290. Волны сіи отъ дрожащаго тѣла распространяются во всѣ стороны въ видѣ шарообразныхъ концентрическихъ слоевъ, постепенно сгущаемыхъ и разрѣжаемыхъ. Онѣ достигая до нашего органа слуха, сообщаютъ ему впечатлѣніе, ощущеніе коего мы называемъ звукомъ. Если часть *mn* тѣла совершитъ только одно быстрое движеніе впередъ и назадъ, то каждый слой воздуха получитъ одно быстрое сжатіе, послѣдуемое расширѣніемъ : въ семъ случаѣ ухо, получивъ сіи два дѣйствія почти въ одно время, слышитъ звукъ отрывистый или *стукъ*, каковъ бываетъ при выстрѣлѣ изъ ружья, при паденіи камня, и проч. Ежели тѣло совершитъ нѣсколько потрясеній чрезъ примѣтные промежутки времени (не менѣе $\frac{1}{10}$ секунды), то ухо слышитъ столько же отрывистыхъ звуковъ, на пр. при барабанномъ боѣ, при стукѣ кареты, ѣдущей по мостовой, и проч. Ежели части тѣла будутъ производить безостановочно быстрыя дрожательныя движенія, то ухо услышитъ звукъ непрерывный, каковъ звукъ колокола или дрожащей струны.

291. Должно замѣтить, что длина волны всегда бываетъ обратно пропорціональна скорости дрожанія, съ каковою движутся части звучащаго тѣла, и съ каковою каждый слой воздуха переходитъ изъ состоянія сгущенія въ состояніе разрѣженія. Мы видѣли, что звуки высокіе и низкіе, т. е. дрожанія быстрыя и медленныя, распространяются съ одинакою скоростію. И такъ положимъ, что плоскость *mn* (фиг. 149) дѣлаетъ одно дрожаніе во время t, со скоростію v, и производитъ волну xz звука, длина коей $= l$: если потомъ она сдѣлаетъ дрожаніе во время $\frac{1}{2}\,t$, со скоростію $2v$, то звукъ передастся только на разстояніе

xy; слѣдовательно длина волны будетъ $\frac{1}{2}l$; потому что во время t, когда плоскость mn сдѣлаетъ два дрожанія, должно произойти двѣ волны, и звукъ долженъ перейти пространство $xz = l$. По сему длины волнъ суть прямо пропорціональны временамъ дрожаній, слѣдственно обратно пропорціональны числамъ или скоростямъ дрожаній.

292. *Скорость распространенія звука въ воздухѣ и другихъ тѣлахъ.* — Сія скорость можетъ быть опредѣляема или изъ непосредственныхъ наблюденій, или посредствомъ вычисленія. *Изъ опытовъ* скорость звука опредѣляется слѣдующимъ образомъ: избираются два мѣста, имѣющія между собою большое и съ точностію измѣренное разстояніе; въ одномъ изъ нихъ производится нѣсколько выстрѣловъ изъ пушки, а въ другомъ мѣстѣ наблюдатель съ помощію вѣрнаго хронометра замѣчаетъ время между появленіемъ свѣта изъ орудія и достиженіемъ звука. И какъ свѣтъ распространяется почти мгновенно, то замѣченное время и будетъ то, которое употребитъ звукъ для своего распространенія отъ одного мѣста наблюденія до другаго. А раздѣливъ разстояніе мѣстъ наблюденія на сіе время и получится скорость звука. Такимъ об. Члены Парижской Академіи наукъ въ 1738 году, производя многіе опыты между Монтлери и Монмартромъ, на разстояніи 29000 метровъ, нашли *скорость звука* въ 1″ *времени* равною 332,92 метра, при температурѣ 0°; а члены Парижскаго *Бюро долготъ* (*), дѣлая наблюденія

(*) Именно: *Прони, Араго, Матьё, Гумбольдтъ, Гей-Люсакъ и Бувардъ.* При сихъ опытахъ замѣчено, что пушечные выстрѣлы съ Монтлери сопровождались повторяющимися звуками или отголосками только тогда, ко-

въ 1822 году, между Вильжюифъ и Монлери, получили скорость звука = 331,05, при той же температурѣ. Кромѣ сего Бенценбергъ нашелъ

сію скорость	= 333,07 м.
Штампферъ и Мирбакъ...........	= 333,25 —
Молль и Фанъ Бекъ..............	= 332,05 —
Кап. Перри и Лейт. Форстеръ...	= 333,15 —

Слѣдственно, при температурѣ 0°, можно принять скорость звука = 333 метрамъ или 1092 Анг. футамъ $= 33^2 + 3$.

Изъ сравненія наблюденій, дѣланныхъ на различныхъ разстояніяхъ, узнано, что въ воздухѣ звукъ распространяется равномѣрно; что его скорость не измѣняется отъ времени года, отъ состоянія погоды и отъ измѣненія въ давленіи атмосферы, лишь бы онъ былъ спокоенъ и имѣлъ одинакую температуру. Но движущійся воздухъ можетъ или приближать къ наблюдателю или отъ него отдалять дрожательное движеніе, и слѣдственно увеличивать или уменьшать скорость звука; скорость сія не измѣняется, ежели воздухъ движется перпендикулярно къ направленію распространенія звука. Сіе дѣйствіе конечно происходитъ отъ того, что дрожательное движеніе въ массѣ воздуха независитъ отъ поступательнаго движенія сего послѣдняго, подобно распространенію волнъ по поверхности текущей воды (220). *Отъ увеличенія температуры* скорость звука всегда увеличивается; на прим. при 10° Ц. т. она = 1112 Англ. фута.

гда на небѣ появлялись облака; что при чистомъ небѣ слышенъ былъ одинъ ударъ (Ann. Ch. et Phys. t. 20, pag. 222).

293. *Посредствомъ вычисленія* скорость звука въ газахъ опредѣляется формулою

$$v = \sqrt{\frac{g.\,0{,}76}{d}\,(1 + 0{,}00375t)k}.$$

въ которой g есть тяжесть, 0,76 метра высота столба ртути, измѣряющая среднее давленіе атмосферы, d плотность газа, взятаго при семъ давленіи и при температурѣ 0°, t температура газа, k постоянный множитель, который для воздуха равенъ 1,3748. Сія формула, безъ множителя k, найдена еще *Ньютономъ* (*), потомъ выведена *Лагранжемъ* посредствомъ строжайшаго математическаго анализа (**). Но какъ посредствомъ оной получалась скорость звука почти *одного пятого* менѣе той, которая получена изъ наблюденій, то *Лапласъ* заключилъ, что, во время распространенія дрожательнаго движенія въ воздухѣ, отъ сжатіе его слоевъ происходитъ отдѣленіе теплорода, который увеличиваетъ силу упругости воздуха, и слѣдственно скорость распространенія звука. *Пуасонъ* показалъ (***), какого рода множителя надлежитъ ввести въ выраженіе скорости; а *Вельтеръ* и *Гей-Люсакъ* опредѣлили сего множителя изъ опытовъ, и нашли = 1,3748.

Біотъ и Араго изъ точныхъ опытовъ нашли, что при температурѣ 0° и при давленіи атмосферы 0,76 метра, на Парижской широтѣ, плотность воздуха въ сравненіи со ртутью равна $\frac{1}{10463{,}07}$; по сему скорость звука въ воздухѣ, при температурѣ t,

---

(*) Phil. nat. princ. math II, 47.

(**) La Grange Mem. de Berl. 1786. G. XLIV.

(***) Ann. de Chime et de Phys. tom. 23.

$$v = 327{,}55\ \sqrt{1 + 0{,}00375t}\ \text{метр., или}$$

$$v = v'\ \sqrt{1 + 0{,}00375t},$$

означая чрезъ v' скорость 327,55 звука въ воздухѣ при 0° Ц. т.

Еслибы скорость v звука, при температурѣ t, была найдена изъ опыта, то изъ

$$v' = \frac{v}{\sqrt{(1 + 000375t)}}$$

нашлась бы скорость звука при 0° Ц. т.

294. *Скорость звука въ другихъ тѣлахъ.* — Опыты Дюлонга показали, что при температурѣ 0° скорость звука въ газѣ кислородномъ .... = 317,17 метр. въ 1″,

—	водородномъ........	1269,5	—	—
—	углекисломъ.........	216,6	—	—
—	углеокисленномъ....	337,4	—	—
—	элеотворномъ......	314,0	—	—

Принимая скорость звука въ воздухѣ за единицу, найдено, что его скорость

въ чистой водѣ....	4,5	Лапласъ.
— морской водѣ...	4,7	онъ же
— Оловѣ.........	7,5	Хладни.
— Серебрѣ.......	9	онъ же.
— Чугунѣ........	10	Біотъ.
— Латуни.......	10,5	Лапласъ.
— Мѣди..........	12	Хладни.
— Желѣзѣ.......	17	онъ же.
— деревахъ......	11 до 17	онъ же.

Распространеніе звука по тѣламъ капельнымъ и твердымъ производится также, какъ и въ гасахъ единообразно во всѣ стороны, когда сіи тѣла имѣютъ однородное расположеніе въ своихъ частицахъ. Но въ тѣлахъ, не имѣющихъ такого расположенія, звукъ иногда

можетъ распространяться лучше въ одну, нежели въ другую сторону. На прим. звукъ вдоль дерева распространяется лучше, нежели поперегъ.

Выведенная формула согласно съ опытомъ показываетъ, что въ массѣ воздуха, имѣющей постоянную температуру, скорость звука постоянна; что она не зависитъ отъ давленія атмосферы, также отъ силы и качества звука, и что состояніе паровъ воды не имѣетъ на оную примѣтнаго вліянія.

Зная скорость звука, можно въ нѣкоторыхъ случаяхъ судить приблизительно о разстояніи между нами и звучащимъ тѣломъ. На прим. ежели сосчитать число секундъ между появленіемъ свѣта изъ какого нибудь огнестрѣльнаго орудія, или свѣта молніи, и достиженіемъ звука; то, помноживъ оное число на 1112, получимъ разстояніе между нами и центромъ дрожанія въ Англ. футахъ.

§ 295. *Силою звука* называется сила потрясенія, сообщаемая воздухомъ нашему органу слуха. Она зависитъ отъ массы и длины звучной волны, и отъ величины ея сгущенія и разрѣженія, слѣдственно также отъ величины звучащаго тѣла и отъ ширины его дрожаній. При ударѣ колокола, самый сильный звукъ слышится вначалѣ, и потомъ сила его звука постепенно уменьшается, по мѣрѣ уменьшенія широты его дрожаній.

Но ежели сила звука зависитъ отъ массы звучной волны, то необходимо и *отъ плотности воздуха*. Отъ сего-то колокольчикъ сильнѣе издаетъ звукъ въ воздухѣ сгущенномъ, нежели въ разрѣженномъ; отъ сего же на высокихъ горахъ съ большимъ трудомъ могутъ разговаривать два человѣка на разстояніи четырехъ или

пяти саженей; пистолетные выстрѣлы тамъ производятъ слабый стукъ (Соссюръ), и удары грома безсильны. — *Сила звука ослабѣваетъ также отъ количества паровъ воды*, находящихся въ воздухѣ, и отъ уменьшенія давленія атмосферы; ибо плотность паровъ составляетъ только $\frac{5}{8}$ плотности воздуха (256). Посему-то въ туманную и вообще сырую погоду, выстрѣлы изъ орудій перестаютъ быть слышимы на меньшемъ разстояніи, нежели во время ясной, сухой погоды.

296. Сила звука, съ удаленіемъ отъ центра потрясенія, ослабѣваетъ, и *вообще измѣняется въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній*; отъ того что она, раздѣляясь во всѣ стороны, встрѣчаетъ постепенно большое количество воздуха. Пусть F есть сила начальнаго потрясенія, сообщенная частицѣ воздуха o (фиг. 150); пусть as, bs двѣ воображаемыя сферическія поверхности, имѣющія центромъ точку o; пусть f есть сила потрясенія, сообщенная частичкѣ a, и f' сила потрясенія для частички b: то сумма потрясеній сообщенныхъ всей поверхности as будетъ $= 4\pi ao^2 . f$ а сумма потрясеній для частицъ всей поверхности bs будетъ $= 4\pi bo^2 . f'$. А какъ, по закону сохраненія силъ, оныя дѣйствія должны быть равны начальной силѣ F или быть равными между собою, то

$$4\pi ao^2 . f = 4\pi bo^2 . f' ; \text{ откуда}$$

$$f : f' = bo^2 : ao^2,$$

что и нужно было доказать.

297. Если воздухъ заключается въ цилиндрической трубѣ, и въ одномъ ея концѣ будетъ произведенъ звукъ, то нѣтъ причины, почему бы его сила могла ослабѣвать по всему протяженію оной трубы: ибо здѣсь

начальная сила потрясенія будетъ передаваться въ одну сторону и чрезъ равныя массы воздуха, какъ передается ударъ чрезъ рядъ равныхъ упругихъ шаровъ (малая потеря силы звука здѣсь произойдетъ только отъ тренія воздуха о стѣны трубы). Сію истину подтвердилъ Біотъ опытомъ надъ одною Парижскою водопроводною трубою, длиною почти въ 446 саженей (951 метр.). Во время тихой ночи, взявъ съ собою спутника, поставивъ его при одномъ концѣ трубы, и ставъ при другомъ, онъ чрезъ столь длинный цилиндрическій столбъ воздуха могъ съ нимъ разговаривать; самыя тихія слова, какія обыкновенно говорятъ на ухо, были совершенно слышны; между вопросомъ и отвѣтомъ проходило 5'',58. Онъ заставлялъ также при одномъ концѣ трубы играть на флейтѣ извѣстныя аріи, при чемъ замѣтилъ, что *всѣ музыкальные тоны передавались до другаго* конца въ совершенной правильности, и съ одинакою скоростію. — Когда были дѣланы пистолетные выстрѣлы при одномъ концѣ трубы, то изъ другаго ея конца вырывался воздухъ, какъ скоро потрясеніе достигало къ оному.

298. Когда звучная волна встрѣчаетъ неподвижную плоскость или поверхность какого нибудь тѣла, то 1) отражается отъ сей поверхности, и 2) сообщаетъ частямъ оной дрожательное движеніе; отъ сего происходитъ двѣ волны, одна отраженная, а другая распространяющаяся по массѣ встрѣченнаго тѣла.

Отраженіе звука. — Звукъ отъ поверхности новой средины отражается по закону удара упругихъ тѣлъ. Именно, ежели изъ центра *o* (фиг. 151) разпространяющаяся волна ударяетъ въ плотность *Am* перпендикулярно, то при ударѣ образуется волна звука въ про-

тивную сторону ея распространенію, у коей центръ o' находится позади Am на линіи $oo' \perp Am$, и на разстояніи $o'm = om$. Дрожательное движеніе, направленное по наклонной линіи oA, отразившись начнетъ *съ такою же скоростію* распространяться по радіусу $o'AB$, и *сдѣлаетъ уголъ отраженія равнымъ углу паденія.* Сей законъ подтверждается многими явленіями : 1) Ежели въ фокусѣ F эллиптическаго свода ABCD (фиг. 152) будемъ произносить весьма тихія слова, то оныя можно ясно услышать въ другомъ фокусѣ F', хотя онѣ въ мѣстахъ ближайшихъ и не будутъ замѣтны. Это показываетъ, что звукъ, распространяющійся по ра-радіусамъ FB, FC, отражается къ фокусу F'; по каждые два радіуса вектора въ эллипсисѣ съ касательною, соотвѣтственною общей ихъ точкѣ, составляютъ равные углы, слѣдоват. и проч. 2) Такое же дѣйствіе можно замѣтить съ помощію двухъ большихъ металлическихъ вогнутыхъ зеркалъ, поставленныхъ одно противъ другаго на разстояніи 3 — 7 саженей (фиг. 153). Ежели на рединѣ радіуса oa произносить тихія слова, то ихъ можно слышать посредствомъ отраженія на ерединѣ радіуса $a'o'$ втораго зеркала. 3) На отраженіи звука основывается употребленія *слуховаго рожка*, *рупоровъ* или *говорныхъ трубъ*, и проч.

299. *Эхо.* — Теперь видно, что ежели до наблюдателя B (фиг. 151) достигнетъ сперва звукъ непосредственный по линіи OB, а потомъ звукъ отраженный по OAB, то онъ, кромѣ перваго звука, услышитъ *отголосокъ* или *эхо.* Онъ услышитъ нѣсколько раздѣльныхъ отголосковъ, ежели къ нему дойдутъ нѣсколько отраженныхъ звуковъ, имѣющихъ между собою промежутки времени не менѣе $\frac{1}{10}$ секунды. Такимъ об. *многократное*

эхо можетъ происходить въ мѣстахъ гористыхъ чрезъ отраженія звука отъ горъ, скалъ, лѣсовъ; оно же происходитъ между двумя отдаленными и параллельными стѣнами зданій, или другихъ подобныхъ предметовъ. Такого рода эхо находилось близъ Вердюна; оно происходило чрезъ отраженіе звука отъ двухъ башенъ, отдаленныхъ одна отъ другой на 156 футовъ, и повторяло одно и тоже слово отъ 12 до 13 разъ. Подобное же эхо находится въ зàмкѣ Симонеты, близъ Милана; и происходитъ чрезъ отраженіе звука отъ двухъ флигелей сего зданія, стоящихъ одинъ противъ другаго, и украшенныхъ множествомъ фальшивыхъ оконъ. Архитекторъ съ такимъ искусствомъ расположилъ сіи окна, что онѣ отражаютъ къ наблюдателю до 40 отголосковъ; малозначущіе аккорды, произведенные тамъ на какомъ нибудь инструментѣ, представляютъ дѣйствіе многосложнаго концерта.

Если же отраженные звуки доходятъ до наблюдателя чрезъ промежутки времени, гораздо меньшіе, какъ-то бываетъ въ большихъ залахъ со сводами, въ лѣсахъ, и проч., то слышится *гулъ*, т. е. сліяніе оныхъ звуковъ въ одинъ протяжный.

300. Аналитическія изслѣдыванія Пуасона, согласно съ съ опытомъ, показываютъ, что для правильнаго отраженія звука нѣтъ необходимости, чтобы отражающая поверхность была твердая и полированная; оно происходитъ отъ поверхности скалъ, лѣсовъ, воды; оно должно происходить при переходѣ звука изъ воздуха въ другой какой нибудь газъ, по крайней мѣрѣ изъ опыта извѣстно, что звукъ отражается отъ поверхности облаковъ (292). Сіи изслѣдыванія Пуасона см. въ

Journal de l'École polytechnique, tom. VII, pag. 319 — 393.

301. Когда звукъ изъ воздуха переходитъ въ другое тѣло (напр. въ воду), то начинаетъ распространяться по его массѣ съ другою скоростію, свойственною ему въ онойъ тѣлѣ; отъ сего происходитъ то, что звукъ, падающій косвенно на поверхность тѣла, перемѣняетъ свое направленіе, вступая въ новую средину. Положимъ, что изъ центра *o* (фиг. 154) волна звука *abc* достигла до поверхности AB новой средины во время *t*. Не встрѣчая сего тѣла, она въ такое же время распространилась бы до круга ADB концентрическаго съ *abc*, перейдя путь $bD = ob$. Но положимъ, что въ новой срединѣ звукъ будетъ имѣть скорость менѣе нежели въ прежней, то онъ передастся только до A*d*B, и дрожательное движеніе, распространявшееся въ воздухѣ по линіи *om*, пойдетъ въ новой срединѣ по нормали *mn* къ поверхности A*d*B волны, слѣдственно необходимо по новому направленію.

302. Если въ воздухѣ находится нѣсколько звучащихъ тѣлъ, то отъ каждаго изъ нихъ распространяются волны дрожанія, и, встрѣчаясь между собою, 1) не перемѣняютъ ни направленія своего, ни скоростей распространенія, подобно тому, какъ сіе произходитъ при встрѣчѣ волнъ, распространяющихся по поверхности воды (222). Это изъ того явствуетъ, что музыкальные инструменты цѣлаго оркестра хотя производятъ въ воздухѣ многочисленныя дрожанія, однако же ухо явственно различаетъ звуки того или другаго инструмента. 2) При семъ слабые звуки дѣлаются неощутительными при дѣйствіи сильныхъ. 3) Если встрѣчаются между собою два полуволненія однородныя, то

онѣ въ томъ мѣстѣ усиливаютъ дрожательное движеніе, слѣдственно и звукъ; и два полу-волненія разнородныя, при встрѣчѣ, своей или ослабляютъ оное движеніе или уничтожаютъ. Наприм. ежели привесть въ сообщеніе съ ухомъ звукъ двухъ органныхъ трубъ въ одно время, то можно имъ дать такое расположеніе, что ухо не будетъ различать звука, въ нихъ возбуждаемаго, тогда какъ въ отдѣльности каждая труба производитъ весьма ощутительные звуки: это происходитъ именно тогда, когда воздухъ прикасающійся къ уху получаетъ въ одно время сгущеніе и разрѣженіе, и потому остается безъ дѣйствія. — Наблюденія показали, что въ большихъ залахъ или зданіяхъ, служащихъ для помѣщенія большаго числа слушателей, находятся многія точки, въ коихъ происходитъ подобное же уничтоженіе звука. Мѣста сіи называются *глухими*, или, приличнѣе назвать, *тѣмными*, и происходятъ отъ пересѣченія разнородныхъ волнъ звука непосредственныхъ съ отраженными, или однѣхъ волнъ отраженныхъ. Саварту мы обязаны многими важными наблюденіями касательно точекъ, кои въ массѣ воздуха данной формы побуждаются дрожательными движеніями сильнѣйшими и слабѣйшими. Онъ же замѣтилъ, что если отворить окна комнаты, въ которой производятся сильные звуки, то звучныя линіи и линіи покоя распространяются внѣ оконъ на значительное разстояніе.

О дрожаніи струнъ

503. Струны, натягиваемыя на музыкальныхъ инструментахъ, могутъ имѣть дрожанія или *поперечныя* или *продольныя*. Первыя происходятъ тогда, когда струну ударяютъ или водятъ по ней смычкомъ пер-

пендикулярно къ ея длинѣ; вторыя же обнаруживаются, когда струну трутъ по длинѣ или смычкомъ, или намоченнымъ лоскутикомъ полотна. На прим. ежели натянутый волосокъ тереть пальцемъ вдоль, пока онъ начнетъ издавать звукъ, то его дрожанія въ оиомъ случаѣ будутъ продольныя.

Поперечныя дрожанія натянутыхъ струнъ, и различіе тоновъ.

304. Число n поперечныхъ дрожаній, кои дѣлаетъ натянутая струна въ *секунду времени*, опредѣляется выведеною нами прежде (122) формулою

$$n = \frac{\sqrt{gp'}}{rl\sqrt{\pi d}},$$

въ которой g есть величина тяжести, p' сила натягивающая струну, r радіусъ струны, l ея длина, d ея плотность.

Изъ сей формулы слѣдуетъ:

1) Что однородныя струны, одинакого діаметра и натянутыя тою же силою, совершаютъ въ 1″ времени числа дрожаній обратно пропорціональныя ихъ длинамъ. На прим. ежели струна въ 1 времени дѣлаетъ 32 дрожанія; то ея половина сдѣлаетъ $2 \times 32 = 64$; а ея треть сдѣлаетъ $3 \times 32 = 96$ дрожаній. Для повѣренія сего, такъ какъ и другихъ слѣдствій, на опытѣ употребляется *сонометръ* или *монохордъ* (фиг. 155), состоящій изъ деревяннаго ящика, на коемъ съ одного конца прикрѣпляется одна струна ab (иногда двѣ, или три, смотря по надобности), которая идетъ чрезъ двѣ подставки f, f' равной высоты; наконецъ переводится черезъ блокъ g, и натягивается гирями p'. — Ежели опустить струну ab сла-

бо, такъ чтобы она въ 1″ сдѣлала 4 качанія, то подвинувъ f' подъ $\frac{1}{2}$ ab, увидимъ, что половина струны сдѣлаетъ 8 качаній въ тоже время.

2) Когда однородныя струны имѣютъ одинакую длину и одинаково натянуты, то онѣ дѣлаютъ числа дрожаній обратно пропорціональныя ихъ діаметрамъ. На пр. ежели на сонометрѣ натянуть одинакими вѣсами p' двѣ струны, коихъ діаметры относятся между собою какъ 1 : 2, то увидимъ, что когда первая дѣлаетъ 10 качаній въ 1″ времени, то вторая сдѣлаетъ только пять.

3) Ежели однородныя струны будутъ одинакого діаметра и длины, то числа ихъ дрожаній будутъ прямо пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ вѣсовъ ихъ натягивающихъ. То есть, ежели струна натянутая вѣсомъ p' дѣлаетъ 4 качанія въ 1″, то она же, натянутая вѣсомъ $4p'$, сдѣлаетъ 8 качаній въ тоже время.

305. Изъ сего видно, что въ струнныхъ инструментахъ можно по произволу измѣнять число дрожаній, производимыхъ струною, или измѣняя силу ея натягивающую, или діаметръ, или длину, или употребляя струны разнородныя. Измѣняя длину, діаметръ и вѣсъ натягивающій струну, опредѣляя числа дрожаній ей соотвѣтственныя, найдется, что ежели струна дѣлаетъ въ 1″ времени 32 дрожанія, то получается самый низкій звукъ, какой ухо различить можетъ; а при меньшемъ числѣ дрожаній звукъ дѣлается неощутителенъ. Также, если струна будетъ совершать 8192 дрожанія въ 1″, то получится предѣлъ для тоновъ высокихъ; ибо, при большемъ числѣ дрожаній, звуки опять перестаютъ быть ощущимы.

306. Въ то время, какъ струна начинаетъ дѣлать въ 1'' число равновременныхъ дрожаній большее 32, столь же быстрыя дрожанія получаетъ и воздухъ къ ней прикасающійся, и оныя сообщаетъ нашему органу слуха. Отъ сего, съ каждою перемѣною числа дрожаній, наше ухо получаетъ новое ощущеніе или новый звукъ. Сей звукъ, какъ слѣдствіе равновременныхъ дрожаній, отличается своею однородностію, и для отличія называется *тономъ*. Хотя различныхъ измѣненій тоновъ находится безчисленное множество, но въ музыкѣ употребляются только такіе, коихъ отношеніе ко всякому другому тону, принимаемому за начальный, ухо можетъ скоро и вѣрно ощущать. Ежели звукъ, издаваемый струною, принять за начальный, и потомъ заставить оную дѣлать вдвое, вчетверо, въ восемь разъ,....большее число дрожаній, то получатся тѣ самые звуки, кои называются *октавами* одинъ другому. Они имѣютъ такое между собою сходство, что одинъ можно почесть за повтореніе другаго; посему-то въ музыкѣ означаютъ ихъ одними и тѣми же знаками. Для начальнаго тона послѣдовательныя *октавы* щитаются : *первая октава*, *вторая*, *третья*, и т. д.; а принимая за единицу число дрожаній начальнаго тона, числа дрожаній его октавъ будутъ 2, 4, 8,.

307. Въ каждой октавѣ ухо можетъ еще хорошо и скоро различать рядъ тоновъ, составляющихъ *музыкальную гамму*. Въ Европѣ преимущественно употребляются двѣ гаммы : *діатоническая*, содержащая въ октавѣ 8 тоновъ; и *хроматическая*, имѣющая 13 тоновъ въ октавѣ.

Звуки діатонической гаммы, считая отъ начальнаго, называются

утъ, ре, ми, фа, солъ, ла, си, утъ

или C, D, E, F, G, A, H, C_2.

Если взять за единицу длину струны, принять за единицу число дрожаній ею совершаемыхъ въ 1'' времени, а звукъ ею издаваемый за начальный тонъ гаммы, и будемъ ей послѣдовательно давать длину

$$1,\ \frac{8}{9},\ \frac{4}{5},\ \frac{3}{4},\ \frac{2}{3},\ \frac{3}{5},\ \frac{8}{15},\ \frac{1}{2};$$

то числа дрожаній, соотвѣтственныя онымъ длинамъ будутъ

$$1,\ \frac{9}{8},\ \frac{5}{4},\ \frac{4}{3},\ \frac{3}{2},\ \frac{5}{3},\ \frac{15}{8},\ 2,$$

и произведутъ всѣ 8 тоновъ гаммы

утъ, ре, ми, фа, солъ, ла, си, утъ.

Отношеніе одного тона октавы къ другому, или лучше, отношеніе между числами дрожаній, производящими оные звуки, называется *интерваломъ*. Интервалы получаютъ названія по числу тоновъ гаммы, заключающихся въ пространствѣ сравниваемыхъ звуковъ. Считая отъ начальнаго тона, они по порядку называются: *секундою*, *терціею*, *квартою*, *квинтою*, *секстою*, *септимою* и *октавою*.

308. *Сравненіе интерваловъ.* — Принимая каждый звукъ гаммы за начальный, и сравнивая съ нимъ звукъ непосредственно слѣдующій, откроется, что *послѣдовательныя секунды не равны между собою*, именно:

$\frac{\text{ре}}{\text{утъ}} = \frac{\text{солъ}}{\text{фа}} = \frac{\text{си}}{\text{ла}} = 1{,}125$, (секунды большія, тоны твердые),

$\frac{\text{ми}}{\text{ре}} = \frac{\text{ла}}{\text{солъ}} = 1{,}111\ldots$, (секунды малыя, тоны мягкіе),

$\frac{\text{фа}}{\text{ми}} = \frac{\text{утъ}_2}{\text{си}} = 1{,}0606\ldots$, (полутоны);

гдѣ видно, что для перехода отъ одного звука гаммы

къ его секундѣ, надлежитъ единицу, изображающую сей звукъ, увеличить на 0,125, чтобъ получить три первыя секунды; для полученія двухъ слѣдующихъ секундъ надлежитъ единицу увеличить на 0,111...; а для полученія двухъ послѣднихъ надлежитъ ее увеличить на 0,0606... Каждая секунда 1,111... называется *малою*. И поелику разность между оными секундами не велика, и для уха не ощутительна, то сіи первыя пять секундъ называются *цѣлыми тонами*. Два же послѣдніе интервалла называются *полу-тонами*; потому что въ нихъ приращеніе 0,0606.. почти вдвое менѣе приращеній 0,125 и 0,111..., соотвѣтственныхъ цѣлымъ тонамъ, такъ что для перехода отъ одного цѣлаго тона къ тону слѣдующему (т. е. къ его секундѣ) надлежитъ его увеличить почти ровно на $2 \times 0{,}0606\ldots$ или на два полу-тона.

Изъ сего уже видно, что гамма сдѣлается равномѣрнѣе, когда ея цѣлые тоны будутъ раздѣлены на полутоны, помѣщая по одному полу-тону между *утъ* и *ре*, *ре* и *ми*, *фа* и *соль*, *соль* и *ла*, *ла* и *си*; отъ чего въ октавѣ гаммы будетъ находиться 13 полутоновъ. Пять вставленныхъ полу-тоновъ называются *діезными* въ отношеніи къ тонамъ непосредственно нижшимъ, и *бемольными* въ отношеніи къ тонамъ непосредственно высшимъ: первыя отличаются знакомъ ♯, а послѣднія знакомъ ♭, на прим. полутонъ между *ре* и *ми* пишется или *ре*♯ или *ми*♭. Гамма, заключающая 13 полутоновъ въ октавѣ, называется *хроматическою*. Въ музыкѣ, раздѣленіе гаммы на полу-тоны необходимо для того, чтобы, избѣгая моно-тоніи, можно было каждый ея тонъ принимать за начальный (**tonica, Grundton**), и отъ него начинать гамму.

Принимая каждый звукъ діатоническкой гаммы за начальный, и сравнивая съ онымъ соотвѣтственный третій звукъ, получатся *терціи*:

$$\frac{\text{ми}}{\text{утъ}} = \frac{\text{ла}}{\text{фа}} = \frac{\text{си}}{\text{соль}} = \frac{5}{4} = 1{,}25, \text{ (большія терціи,)}$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\text{соль}}{\text{ми}} = \frac{\text{утъ}_2}{\text{ла}} = \frac{6}{5} = 1{,}2 \\ \frac{\text{фа}}{\text{ре}} = 1{,}1851\,.\,. \end{array}\right\} \text{(малыя терціи).}$$

Большая терція содержитъ два тона, а малая — одинъ тонъ и одинъ полу-тонъ.

Кварты простыя $\frac{\text{фа}}{\text{утъ}} = \frac{\text{соль}}{\text{ре}} = \frac{\text{ла}}{\text{ми}} = \frac{\text{утъ}_2}{\text{соль}} = \frac{4}{3} =$ 1,333 .. содержатъ по два тона и по одному полу-тону; а кварта $\frac{\text{си}}{\text{фа}} = 1{,}4062$ состоитъ изъ трехъ тоновъ, и называется *возвышенною*.

Квинты : $\frac{\text{соль}}{\text{утъ}} = \frac{\text{фа}}{\text{ми}} = \frac{\text{утъ}_2}{\text{фа}} = \frac{3}{2}$ и $\frac{\text{ла}}{\text{ре}} = 1{,}48148$ состоятъ изъ трехъ тоновъ и одного полу-тона.

Сексты: $\frac{\text{ла}}{\text{утъ}} = \frac{\text{си}}{\text{ре}} = \frac{5}{3} = 1{,}666$ .. (большія сексты),

$$\frac{\text{утъ}_2}{\text{ми}} = \frac{8}{5} = 1{,}6 \text{ (малая секста).}$$

Септимы: $\frac{\text{си}}{\text{утъ}} = \frac{15}{8} = 1{,}875$, (большая септима),

$$\frac{\text{утъ}_2}{\text{ре}} = \frac{16}{9} = 1{,}777\ldots \text{(малая септима).}$$

309. *Мелодіею* въ музыкѣ называется рядъ звуковъ или тоновъ, выражающихъ состояніе души, увлекаемой высокими идеями, веселыми воспоминаніями, либо расположенной къ нѣжности, печали, унынію. Отъ того она можетъ имѣть или *напѣвъ твердый* (**dur, majeur**), или *мягкій* (**mol, mineur**). Въ твердомъ напѣвѣ

употребляются *большія терція, секста и септима*; въ восходящей же гаммѣ мягкаго напѣва всегда употребляется *малая терція*, а въ низходящей — сверхъ сего малая секста и малая септима.

310. *Акордомъ* называется ощущеніе двухъ или нѣсколькихъ тоновъ въ одно время. Онъ называется *правильнымъ*, когда его звуки бываютъ согласны, т. е производятъ въ насъ пріятное ощущеніе: но называется *неправильнымъ*, когда его звуки не согласны, и производятъ въ насъ ощущеніе непріятное, оскорбительное.

Въ твердомъ напѣвѣ *совершенный акордъ* (согласіе) производятъ звуки

утъ, ми, соль; фа, ла, утъ$_2$; соль, си, ре,

коимъ соотвѣтствуютъ числа дрожаній

$$1,\ \frac{5}{4},\ \frac{3}{2};\ \frac{4}{3},\ \frac{5}{4},\ 2;\ \frac{3}{2},\ \frac{15}{8},\ \frac{9}{4},$$

относящіяся между собою $= 4 : 5 : 6$. Въ мягкомъ же напѣвѣ совершенный акордъ производятъ звуки

утъ, ми^b, соль; фа, ла^b, утъ$_2$.

$$1,\ \frac{6}{5},\ \frac{3}{2};\ \frac{4}{3},\ \frac{8}{5},\ 2,$$

кои относятся какъ $10 : 12 : 15$.

311. *Уравниваніе*. — Ежели представимъ себѣ музыкальный инструментъ съ неизмѣняемыми тонами, на пр. клавикорды, арфу, флейту который бы въ точности издавалъ всѣ звуки гаммы, и также ея діезы и бемолы, то сей инструментъ будетъ имѣть точныя октавы для каждаго тона; но на немъ нельзя будетъ получить всѣхъ точныхъ терцій, и всѣхъ точныхъ квинтъ, ибо въ діатонической гаммѣ не всѣ полутоны равны между собою. Для избѣжанія сего не удобства, вставляетъ между начальнымъ тономъ и его окта-

вою, или между 1 и 2, одиннадцать геометрическихъ пропорціональныхъ членовъ (второй членъ сей прогрессіи будетъ $= \sqrt[12]{2} = 1{,}059463$), и принимаютъ всѣ 13 членовъ сей прогрессіи за числа дрожаній, соотвѣтственныя послѣдовательнымъ полутонамъ гаммы; отъ сего всѣ полутоны сдѣлаются равными. Сіе дѣйствіе называется *уравниваніемъ* (tempérament). Посредствомъ онаго хотя одни полутоны возвысятся, а другіе понизятся; но сіе измѣненіе столь мало, что ухо не можетъ ощущать онаго: а за то на инструментѣ, настроенномъ такимъ образомъ, каждый пятый полутонъ будетъ всегда терціею, а осьмой полутонъ — квинтою, и проч.

312. *Узлы дрожаній.* — Струна можетъ дрожать или вся (фиг. 156), или раздѣлившись на нѣкоторое число равныхъ частей, отдѣленныхъ между собою такими точками, гдѣ, по видимому, нѣтъ дрожаній (фиг. 157). Сіи точки называются *узлами дрожаній.* Ежели замѣтить звукъ издаваемый струною *ab*, потомъ поставить подъ нее подставку (кобылку) *c*, такъ чтобы ею отдѣлилась или половина, или треть или четверть струны, и послѣ сего водить смычкомъ по одной ея части *ac*; то струна *ab* будетъ вся дрожать, но будетъ издавать звукъ такой, какой получится, еслибы она дѣйствительно имѣла длину вдвое, или втрое или вчетверо менѣе. Но ежели три четверти *bc* струны *aceb* производятъ такой же звукъ, какой одна четверть оной *ac*, то необходимо слѣдуетъ, что струна *ab* дѣлится на четыре части, и каждая часть *cd*, *de*, *be* дрожитъ отдѣльно, такъ какъ бы ея точки *c*, *d*, *e*, были укрѣплены неподвижно. Сіе заключе-

ніе можно, подтвердить и непосредственно: ежели надъ самыми узлами дрожанія *d*, *e*, положить бумажныя накладочки, и другія накладочки въ точкахъ *m*,*n*,*p*, между узлами, и водить смычкомъ по *ac*; то первыя накладочки останутся на струнѣ, а послѣднія тотчасъ соскочатъ съ оной.

Ежели натянуть двѣ струны одинакой толщины одну подлѣ другой, изъ коихъ бы первая была втрое или вчетверо короче второй, и потомъ водить смычкомъ по струнѣ короткой; то посредствомъ воздуха сообщится дрожательное движеніе длинной струнѣ, которая отъ сего начнетъ издавать звукъ тотъ же самый, раздѣлившись узлами на три либо четыре равныя части. И въ семъ случаѣ существованіе узловъ дрожанія можно открыть посредствомъ бумажныхъ накладочекъ.

313. Замѣтить еще должно, что когда цѣлая струна дрожитъ, то, кромѣ главнаго тона, ухо различаетъ нѣсколько другихъ, кои называются *сопутствующими* или *гармоническими*, и кои слѣдуютъ въ порядкѣ 1, 2, 3, 4, 5, и проч. Есть люди, кои различаютъ звукъ, изображаемый числомъ 7; но большая часть ощущаютъ только тонъ главный и тоны 3 и 5, кои сливаются съ ихъ октавами $\frac{3}{2}$ и $\frac{5}{4}$, то есть, ощущаютъ главный тонъ, его квинту и его большую терцію. Происхожденіе тоновъ сопутствующихъ, кажется, зависитъ отъ раздѣленія струны на части, кои всѣ издаютъ звукъ независимо отъ звуки цѣлой струны. Симъ изъясняется, отъ чего на клавикордахъ всѣ струны дѣлающіе гармоническіе звуки, приходятъ въ соотвѣтственныя имъ дрожанія, когда ударена будетъ одна струна.

Продольныя дрожанія струнъ.

314. Продольныя дрожанія можно сообщить струнѣ, водя по ней смычкомъ, наклоненнымъ къ ея длинѣ подъ весьма острымъ угломъ. Тогда она или по всей своей длинѣ попеременно сжимается къ одному концу растягиваясь съ другаго, и обратно (фиг. 158); или она дѣлится *узлами* на равныя части, и тогда оныя движенія происходятъ въ каждой части отдѣльно.

Изъ опытовъ найдено, что въ ономъ случаѣ измѣненіе звука зависитъ только отъ измѣненія длины струны и ея природы, но не зависитъ отъ ея діаметра и силы натягиванія, именно: *въ однородныхъ струнахъ сіи звуки относятся между собою въ обратномъ содержаніи длины струнъ.* Для повѣренія сего закона должно употреблять струны очень длинныя, потому что звуки, производимые продольными дрожаніями, бываютъ весьма остры.

315. *Узлы дрожанія.* — Когда струна *ab* совершаетъ продольныя дрожанія безъ узлóвъ, и производитъ извѣстный звукъ, то прикоснувшись слегка пальцемъ къ ея серединѣ *e* (фиг. 159), получится звукъ вдвое выше. А сіе показываетъ, что въ оной точкѣ происходитъ узелъ, и частицы той и другой половины струны начинаютъ попеременно двигаться къ серединѣ *c* и краямъ, какъ показываютъ стрѣлки на фигурѣ. Если къ той же струнѣ *ab* мы прикоснемся не на серединѣ, но въ одной ея четверти *c*, то она будетъ издавать звукъ вчетверо выше; слѣдственно раздѣлится на 4 равныя части узлами *c*, *m*, *n*, и каждая часть начнетъ дрожать такъ, какъ показываютъ стрѣлки. Вообще, ежели струна будетъ имѣть 1, ,2 3, 4..,

узла, то будетъ издавать соотвѣтственно звуки 2, 3, 4..., принимая звукъ цѣлой струны за единицу.

О дрожании упругихъ прутьевъ, полосокъ, и широкихъ пластинокъ

А. Дрожанія поперечныя прутьевъ и полосокъ.

316. Всякая упругая полоска (также цилиндрическій или призматическій прутикъ), укрѣпленная неподвижно однимъ концомъ, будучи терта смычкомъ или просто выведена рукою изъ своего положенія равновѣсія, и оставлена, приходитъ въ дрожательное движеніе, и *издаетъ звукъ обратно пропорціональный квадрату ея длины, и прямо пропорціональный ея толстотѣ.* А сіе показываетъ, что числа дрожаній оныхъ полосокъ относятся между собою въ такомъ же содержаніи. Законъ сей открытъ *Даніиломъ Бернулли*, и легко можетъ быть подтвержденъ опытомъ : на пр. ежели на звучномъ ящикѣ укрѣпить концами восемь желѣзныхъ или латунныхъ прутьевъ одинакой толстоты, коихъ бы длины относились между собою какъ квадратные корни изъ чиселъ 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$ и $\frac{1}{2}$; то звуки, ими издаваемые, составятъ діатоническую гамму.

317. Упругія прутья могутъ дрожать также или въ цѣлости (фиг. 160), или раздѣлившись на части узлами дрожанія, и высота звуковъ увеличивается болѣе или менѣе быстро съ увеличеніемъ числа узловъ дрожанія, смотря по образу прикрѣпленія полоски. Для примѣра возмемъ полоску (фиг. 161), которой одинъ конецъ закрѣпленъ неподвижно въ тискахъ, поставимъ подъ нее подставку въ точкѣ B, на разстояніи одной трети

ея длины, считая отъ свободнаго конца; посыпимъ на ея поверхность мелкаго песка, и будемъ водить смычкомъ поперегъ полоски; тогда песокъ придетъ въ движеніе и начнетъ собираться въ точкахъ A и B. Сіе показываетъ, что оныя точки не имѣютъ движенія, и суть узлы дрожаній.

Во многихъ случаяхъ разстояніе между двумя узлами дрожанія, или между узломъ и неподвижною точкою A полоски бываетъ вдвое болѣе разстоянія Bx свободнаго конца до перваго узла B (фиг. 162). Основываясь на семъ, можно производить на полоскѣ столько узловъ дрожанія, сколько угодно.

318. Ежели полоску изогнуть, то ея узлы дрожаній сблизятся, и звуки сдѣлаются ниже.

Кольцо, сдѣланное изъ полоски, также можетъ дрожать, дѣлясь на 4, 6, ... узловъ дрожанія и производить различные звуки.

B. Продольныя дрожанія упругихъ полосокъ.

319. Продольныя дрожанія съ большою подробностію были изслѣдываны сперва Г. *Хладни*, а потомъ *Савартомъ.* Они показали, что *сіи дрожанія обратно пропорціональны длинамъ полосокъ*, но, кажется независятъ отъ ихъ толстоты. Для повѣренія сего закона надлежитъ брать полоски длинныя, утверждать оныя однимъ, или обоими концами, или по серединѣ неподвижно, и потомъ тереть вдоль полоски кускомъ мокраго сукна, либо водить смычкомъ по пластинкѣ, прикрѣпленной перпендикулярно къ первой, или ударять по одному концу пластинки вдоль оной. Вторымъ способомъ сообщаются частичкамъ придаточной пластинки

дрожанія поперечныя, отъ коихъ части полоски получаютъ дрожанія продольныя. Для опредѣленія же узловъ дрожанія надлежитъ разсыпать по поверхности полоски сухаго песка, который, во время дрожанія полоски, движется вдоль оной, останавливается на узлахъ дрожанія, и образуетъ такъ называемыя *узловыя линіи*.

320. *Савартъ* показалъ, что узловыя линіи, образующіяся на двухъ противо-положныхъ поверхностяхъ пластинки, не находятся на одинакихъ мѣстахъ; что ихъ число, по видимому, возрастаетъ въ прямомъ содержаніи длины полоски, и обратномъ — ея толстоты; что на полоскахъ узкихъ онѣ бываютъ прямыя, но дѣлаются кривыми, если ширина полоски болѣе 20 миллиметровъ; что, во время дрожанія полоски, толстота оной измѣняется.

О дрожаніяхъ *вращательныхъ* (v. tournantes), и о прочихъ слѣдствіяхъ опытовъ Хладни и Саварта читай въ **Traité d'Acoustiqne, par E. F. Chladni. Paris. 1809. Annales de Chimie et de Phys. tom XIV p. 113. 1820,** и **tom XXV. 1824.** Также въ **Webers Wellenlehre.**

О дрожаніяхъ упругихъ пластинокъ, и натянутыхъ перепонокъ.

321. Въ упругой пластинкѣ можно возбуждать звучныя дрожанія посредствомъ смычка, водя онымъ по ея краю, дотолѣ пока обнаружится правильный тонъ. Для подобныхъ опытовъ употребляются сухія стеклянныя пластинки (иногда металлическія и даже деревянные дощечки), коихъ края хорошо оточены. Та-

кую пластинку укрѣпляютъ горизонтально въ одной точкѣ посредствомъ особыхъ тисковъ; а чтобы видѣть дрожанія ея частей, то ея поверхность посыпаютъ сухимъ пескомъ.

Водя смычкомъ по краю такой пластинки, увидимъ, что песокъ на ней начнетъ собираться на особыя мѣста, и образовать *узловыя линіи.* Сіи линіи изслѣдываемы были Г.г. *Хладни*, *Гаю* и другими учеными; но явленія сего рода столь сложны, что изъ нихъ не выведено еще ни какой теоріи.

Замѣчено вообще, что звуки, производимые пластинками, измѣняются отъ ея величины, формы, природы, мѣста прикрѣпленія, мѣста тренія, и проч. Узловыя линіи, соотвѣтственныя онымъ звукамъ, бываютъ иногда прямыя, иногда кривыя, а иногда состоятъ изъ соединенія тѣхъ и другихъ. На прим. бравъ стеклянныя плитки квадратныя и круглыя 1, 2, 3, 4, 5, 6 (фиг. 163), прикрѣпляя оныя въ точкахъ *p*, и водя смычкомъ въ *f*, получатся узловыя линіи, на нихъ означенныя.

Здѣсь, какъ и въ упругихъ полоскахъ, чѣмъ ниже бываетъ звукъ, тѣмъ менѣе получается узловыхъ линій, и тѣмъ фигура простѣе, хотя впрочемъ и бываютъ случаи, при коихъ получаются различные звуки безъ перемѣны узловыхъ линій.

322. Натянутыя перепонки (кожы) также могутъ приходить въ дрожательное движеніе, и представлять узловыя линіи, когда вблизи ихъ какое нибудь тѣло приведется въ оное движеніе.

323. Дрожанія колокола или круглаго сосуда (на пр. рюмки) сходствуютъ съ дрожаніями круглой пластинки или круглаго кольца, въ которой находятся только

узловыя линіи діаметральныя. Тѣла сіи могутъ дѣлиться на 4, 6, 8, .. дрожащихъ частей. Сіи дрожанія можно сдѣлать очевидными, наполнивъ оный сосудъ водою или ртутью, и водя смычкомъ по его краю: тогда на поверхности ртути образуются волны съ разныхъ сторонъ. Такія же волны окажутся и внѣ сосуда, если его окружить водою.

Сообщеніе дрожаній между твердыми тѣлами.

324. Всякое звучащее твердое тѣло, находясь въ соприкосновеніи съ другими твердыми тѣлами, сообщаетъ имъ дрожательное движеніе. Ибо извѣстно, что струна, просто натянутая въ воздухѣ, не издаетъ сильнаго звука; но она же, натянутая на корпусѣ скрыпки, гитары или клавикордъ, состоящемъ изъ сухихъ и упругихъ досокъ, издаетъ звукъ весьма сильный: потому что ея движенія въ семъ случаѣ передаются упругимъ доскамъ ящика, приводятъ древесныя нити въ дрожанія болѣе или менѣе съ ними гармоническія. Извѣстно также, что если камертонъ ударить и держать въ рукѣ, то получается звукъ едва примѣтный; но ежели поставить его ручкою на клавикордный ящикъ, то звукъ имъ издаваемый сдѣлается весьма явственнымъ, и въ тоже время начинаютъ звучать струны, способныя издавать гармоническіе съ нимъ тоны. Но чтобы узнать, какого рода движеніе происходитъ въ частичкахъ досокъ ящиковъ музыкальныхъ инструментовъ и въ струнахъ, когда оно имъ сообщается отъ звучащаго тѣла, то разсмотримъ нѣкоторые опыты *Саварта*, коему обязаны мы важными свѣдѣніями по сему предмету.

1) Укрѣпимъ подъ прямыми углами четыре еловыхъ

дощечки *ab*, *ac*, *bd*, *de*, (фиг. 164), натянемъ скрипичную струну между точками *d*, *e*, и по оной будемъ водить смычкомъ : тогда песокъ, разсыпанный по горизонтальной дощечкѣ, начнетъ образовать узловыя линіи. Видъ дрожаній частицъ оной дощечки будетъ измѣняться, смотря по наклоненію смычка. Ежели водить смычкомъ параллельно пластинкѣ *ac*, то дрожанія оной будутъ производиться въ томъ же направленіи, ибо песокъ будетъ скользить вдоль дощечки. Если водить смычкомъ перпендикулярно къ *ac*, то она получитъ дрожанія нормальныя ; и вообще ея дрожанія будутъ параллельны дрожаніямъ струны или движенію смычка.

2) На фиг. 165 представлены двѣ дощечки прикрѣпленныя къ третьей подъ прямыми углами , и соединенныя между собою съ другой стороны скрипичною струною , на которую надѣтъ деревянный кружокъ, посыпанный пескомъ. Ежели водить смычкомъ поперегъ струны , то сей кружокъ получаетъ дрожанія продольныя, и образуетъ узловую линію ; направленіе сихъ дрожаній также параллельно движеніямъ смычка , и постоянная фигура узловыхъ линій будетъ передвигаться и обращаться съ измѣненіемъ положенія смычка.

3) Ежели къ стеклянной вертикальной линейкѣ приклеить мастикою нѣсколько параллельныхъ горизонтальныхъ линеекъ (фиг. 166), и посредствомъ смычка привесть въ дрожательное движеніе одну линейку вертикальную, то она одна получитъ дрожанія поперечныя, а всѣ горизон. линейки получатъ дрожанія продольныя, что можно усмотрѣть по движенію песка на нихъ разсыпаннаго. Также, если сообщить одной

гориз. линейкѣ дрожанія поперечныя, то всѣ горизон. линейки получатъ точно такія же дрожанія, а вертикальная линейка будетъ имѣть дрожанія продольныя.

Сіи наблюденія показываютъ ясно, какимъ образомъ на скрипкахъ, клавикордахъ, и проч. сообщаются дрожанія отъ одной части къ другой, и чѣмъ сила звука можетъ быть увеличена.

Духовые инструменты.

325. Въ духовыхъ инструментахъ, каковы органныя трубы, флейты, рога, и проч., звучащимъ тѣломъ служитъ не самая труба, но воздухъ въ ней содержащійся. Флейта деревянная, стеклянная или металлическая, при одинакой длинѣ, издаетъ одинъ и тотъ же звукъ, какова бы ни была толстота ея стѣнокъ и діаметръ, и притомъ все равно, будетъ ли она цилиндрическая или призматическая. Только всякое тѣло, имѣя особую отзвонкость, сообщитъ оному звуку особый *голосъ* (timbre).

326. Для произведенія звука въ духовомъ инструментѣ, надлежитъ сообщить *продольныя дрожанія*, т. е. быстрыя сжатія и расширѣнія столбику воздуха, въ немъ находящемуся. Сіе дѣлается двоякимъ образомъ: или направляютъ быструю и тонкую струю воздуха въ край отверстія трубы, гдѣ она получаетъ безпрестанныя сжатія, послѣдуемыя расширѣніями, какъ сіе дѣлается въ органныхъ трубахъ, флейтахъ, пастушеской свирели, и проч.; или дуютъ въ узкое отверстіе трубы, и приводятъ въ дрожательное движеніе упругую пластинку, въ немъ утвержденную, называемую *язычкомъ*, на пр. въ кларинетѣ.

327. *Въ открытыхъ трубахъ цилиндрическихъ или призматическихъ, имѣющихъ разныя длины, начальные тоны, ими производимые, всегда бываютъ обратно пропорціональны ихъ длинамъ.* На прим. ежели длины сихъ трубъ относятся между собою какъ 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, то ихъ *начальные* звуки будутъ 1, 2, 3. Сей же законъ имѣетъ мѣсто и въ трубахъ съ одного конца закрытыхъ.

328. Всякая отдѣльная труба можетъ издавать разные тоны, высота коихъ увеличивается отъ увеличенія скорости вдуваемаго воздуха.

Ежели самый низкій или *начальный тонъ*, издаваемый *трубою, закрытою съ одного конца*, означить чрезъ 1-цу; то, увеличивая скорость движенія воздуха, получатся тоны 3, 5, 7, . . . безъ всякихъ промежуточныхъ тоновъ. Но если *оная труба будетъ открыта съ обоихъ концовъ*, то произведетъ тоны, кои, по сравненію съ предъидущими, будутъ 2, 4, 6, 8, . . . , изъ коихъ тонъ 2 будетъ начальный : промежуточныхъ тоновъ и здѣсь не будетъ ни какихъ. Изъ сего видно, что *начальный тонъ трубы открытой есть октавою начальному тону сей же трубы закрытой.*

329. Для изъясненія происхожденія оныхъ звуковъ возмемъ сперва трубу AB (фиг. 167), закрытую съ конца B, и положимъ, что воздухъ при концѣ A получаетъ такое движеніе въ сторону AB, отъ коего *весь* столбикъ AB воздуха приходитъ въ сгущеніе; то очевидно, что онъ встрѣчая при днѣ B сопротивленіе, приобрѣтаетъ тамъ наибольшую густоту, какова бы трубка ни была, и потомъ, отражаясь отъ B съ такою же силою, получаетъ при B наибольшее разрѣженіе. А сіе показываетъ, что *длина* AB *столбика*

составляетъ половину звучной волны. Плоскость В, не получая ни какого перемѣщенія, будетъ *узломъ дрожанія*; а часть возвуха, находящаяся при А, и получающая наибольшое перемѣщеніе въ ту и другую сторону, но не имѣющая ни какого сгущенія и разрѣженія, будетъ *центромъ перемѣщенія* (ventre de vibration).

Если бы труба АВ была вдвое, втрое, и проч. длиннѣе, то полуволна сгущенная была бы также вдвое или втрое длиннѣе, и отъ того звукъ произошелъ бы вдвое или втрое ниже, т. е. былъ бы обратно пропорціоналенъ длинѣ АВ, какъ и показываетъ опытъ.

Какъ при ономъ случаѣ въ трубѣ происходитъ полуволна во всю ея длину, то и звукъ получается самый низкій, какой только можетъ издавать оная труба. Сей звукъ мы назвали *начальнымъ*, и приняли за единицу.

330. Ежели труба АВ, имѣя туже длину, будетъ *открыта съ обоихъ концовъ* (фиг. 168), то начальный ея звукъ будетъ вдвое выше или 2, слѣдственно такой, какой получился бы въ закрытой трубѣ, имѣющей длину вдвое меньшую, или такой, какой бы получился, если бы на половинѣ АВ въ С находилась неподвижная перегородка. Оный звукъ будетъ сильнѣе и благозвучнѣе, нежели у одной трубки АС, закрытой въ С. Но какъ звукъ вдвое высшій получится не иначе, какъ когда звучное полуволненіе будетъ вдвое короче, то видно, что въ серединѣ С трубы слой воздуха долженъ быть *узломъ дрожанія*, т. е. не долженъ получать ни какого перемѣщенія, а только наибольшее сжатіе и расширѣніе; концы же А, В, будутъ необ-

ходимо центрами перемѣщенія. Слѣдственно части AC, BC дрожатъ отдѣльно и издаютъ одинакіе звуки, и вся длина трубы равна длинѣ звучной волны.

Когда открытая трубка AB (фиг. 169) издаетъ тонъ 4, тогда ее можно разрѣзать по поламъ въ C, и каждая половина AC, BC будетъ издавать совершенно тотъ же звукъ. Также, когда она производитъ звукъ 6, то ее можно разрѣзать на 3 части, и отнять $\frac{1}{3}$ или $\frac{2}{3}$, отъ сего тонъ ея не перемѣнится. Какъ для тона 4 длина волны должна быть вдвое менѣе, нежели для тона 2, то по длинѣ AB должны находиться двѣ волны AC, CB, и при томъ въ серединѣ C — *центръ перемѣщенія*, и два узла на E и D на серединахъ волнъ AC, BC. — Звукъ 6 втрое выше звука 2, слѣдовательно производится волною дрожанія втрое меньшей длины, посему въ AB (фиг. 170) должны быть три волны AF, FG, GB, раздѣленныя двумя центрами перемѣщенія F, G; и въ самомъ дѣлѣ, звукъ не перемѣнится, ежели противъ сихъ точекъ сдѣлать отверстія. Для звука 8, въ той же трубкѣ будутъ четыре волны, раздѣленныя тремя центрами перемѣщенія, и т. д.; два открытые конца A, B, всегда остаются центрами перемѣщенія.

Всѣми оными опытами, и всею теоріею духовыхъ инструментовъ мы обязаны *Даніилу Бернулли* (Acad. des Sciences, 1762).

331. Теперь возмемъ прежнюю трубку AB (фиг. 167), *закрытую съ одного конца*, которая длиною равна каждой изъ трубокъ фиг. 168, 169, 170, которой начальный тонъ = 1, и которая, при увеличеніи скорости вдуваемаго воздуха, можетъ издавать тоны 3, 5, 7,. Какой бы тонъ сія трубка ни издавала, всегда въ A

будетъ находиться центръ перемѣщенія, а при днѣ B — узелъ дрожанія. Звукъ 3 получится только тогда, когда онъ будетъ произведенъ полу-волною дрожанія втрое меньшею полуволны AB, производящей начальный тонъ: а изъ сего слѣдуетъ, что столбикъ воздуха AB (фиг. 171) долженъ раздѣлиться на 3 полуволненія AC, CD, BD, гдѣ C, B будутъ узлами, и D, A центрами перемѣщенія; ибо A всегда есть центръ перемѣщенія, B всегда узелъ, а узлы съ сими центрами должны слѣдовать попеременно. Что въ D находится дѣйствительно центръ перемѣщенія, сіе подтверждается тѣмъ, что звукъ не перемѣнится, ежели тамъ сдѣлать на боку отверстіе; или, если разрѣзать AB въ точкѣ D, то части AD, BD будутъ издавать тотъ же самый звукъ. Что въ C находится узелъ, то и сіе не трудно повѣрить, сдѣлавъ дно B подвижное въ видѣ поршня, и подвинувъ оное до C, тогда трубка AC будетъ опять издавать тотъ же звукъ, по тому что AC = $\frac{1}{3}$ AB.

Для третьяго звука 5, производящая полуволна должна имѣть длину въ 5 разъ меньшую длины полуволны AB, соотвѣтственной начальному тону. По сему AB (фиг. 172) раздѣлится на 5 равныхъ полуволненій, и будетъ имѣть три центра перемѣщенія A, C, D, и три узла E, F, B, и такъ далѣе. И дѣйствительно, звукъ неперемѣнится если при C, D сдѣлать отверстія, или если разрѣзать трубку на три части AC, CD, DB, то каждая часть будетъ издавать тотъ же звукъ; или, наконецъ звукъ не перемѣнится, когда подвинемъ дно B до F или E, гдѣ предполагаются узлы дрожанія.

332. И такъ, чтобы восемъ трубокъ могли своими

начальными тонами составить діатоническую гамму, надлежитъ онымъ дать длины 1, $\frac{8}{9}$, ^{4}, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{1}{2}$, либо одну и туже трубку надлежитъ укорачивать въ такомъ содержаніи. У нѣкоторыхъ трубахъ музыкальныхъ инструментовъ измѣняютъ длины ихъ по произволу (для сего дѣлается труба раздвижная); а въ тѣхъ, у коихъ находятся *лады* (боковыя дирочки), укорачиваютъ или удлинняютъ трубу открывая или закрывая сіи лады.

333. Звукъ, издаваемый трубою, неперемѣнится, если она будетъ изогнута; потому что отъ сего не измѣнится упругость и длина столба воздуха, въ ней находящагося.

334. Труба, у которой конецъ *отчасти* закрытъ, а другой открытъ, относительно своего дѣйствія, имѣетъ мѣсто между трубами открытыми и закрытыми, такъ что закрывая болѣе или менѣе отверстіе оной можно получить всѣ тоны между начальными тонами сей же трубы открытой и закрытой. Для сего-то играющій въ рогъ, желая получить тотъ или другой звукъ, всовываетъ болѣе или менѣе свою руку въ широкій конецъ онаго инструмента.

Общія понятія объ органахъ слуха и голоса.

335. *Ухо* есть органъ, служащій для ощущенія извѣстнаго рода дрожательныхъ движеній, ему сообщаемыхъ. Оно состоитъ:

1) *изъ наружнаго уха*, имѣющаго видъ раковины, отъ котораго идетъ *слуховой проходъ*, оканчивающійся упругою перепонкою, закрывающею оный, и которая называется *барабанною перепонкою.*

2) Позади оной перепонки находится *среднее ухо* или

барабанная полость, въ которой заключаются четыре косточки ; *молоточикъ, наковальня, стремя и чечевица*, изъ коихъ первый прикрѣпленъ къ барабанной перепонкѣ, а послѣдняя входитъ въ *овальное окошко*, ведущее во внутреннее ухо. Барабанная полость сообщается съ внутреннимъ ухомъ еще посредствомъ *круглаго окошка*, закрытаго натянутою перепонкою. Сверхъ сего она сообщается съ заднею частію рта посредствомъ особеннаго канала, называемаго *Евстахіевою трубою*.

3) *Внутреннее ухо* или *Лабиринтъ* есть тѣло весьма сложное, состоящее изъ многихъ каналовъ различнаго вида ; въ немъ-то находится особенная полость, называемая *преддверіемъ* и сообщающаяся съ среднимъ ухомъ посредствомъ овальнаго окошка, въ двухъ ямочкахъ которой содержатся перепончатые мешечки съ пасочною жидкостію, въ которой плаваетъ *слышательный нервъ*. См. первую книгу *Сокращенной анатоміи, П. Загорскаго*. С. Петербургъ.

Изъ сего описанія видно, что всѣ части уха служатъ для передачи дрожательнаго движенія слышательному нерву, который и составляетъ существенную часть нашего уха.

336. *Орудіе голоса* находится только у млекопитающихъ, птицъ и пресмыкающихся. У человѣка оно имѣетъ большое сходство съ духовымъ инструментомъ. Воздухъ, выдыхаемый изъ *легкихъ*, идетъ посредствомъ дыхательнаго горла, оканчивающагося *гортанью*, гдѣ проходя сквозь продолговатую разщелину, образуемую двумя натянутыми хрящевыми перепонками, приводитъ оныя въ дрожательное движеніе, а отъ нихъ самъ получаетъ оное движеніе, и такимъ об-

разомъ переходитъ въ ротъ, гдѣ его дрожанія измѣняются посредствомъ языка, губъ, носовыхъ полостей и проч., и производятъ всѣ измѣненія звуковъ, замѣчаемыя при разговорѣ, пѣніи, и проч. Подробно о семъ смотри также въ курсахъ анатоміи.

КОНЕЦЪ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

НАЧАЛЬНЫЯ ОСНОВАНІЯ ФИЗИКИ.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

ОТДѢЛЕНІЕ ПЕРВОЕ

О свѣтѣ (Оптика).

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О свѣтѣ вообще.

337. *Свѣтъ* есть неизвѣстное начало, дѣлающее намъ предметы видимыми. Понятіе о бытіи и свойствахъ онаго мы пріобрѣтаемъ только посредствомъ ощущенія его дѣйствій на нашъ органъ зрѣнія.

Чувство зрѣнія удостовѣряетъ насъ, что нѣкоторыя тѣла природы дѣлаютъ сами себя видимыми, распространяя отъ себя свѣтъ во всѣ стороны: сіи тѣла называются *свѣтящимися* или *источниками свѣта*, таковы неподвижныя звѣзды, раскаленныя и горящія тѣла, свѣтящіяся насѣкомыя, фосфорическія тѣла, и

проч. Прочія же тѣла, не имѣющія сего свойства, называются *темными* или *освѣщаемыми*.

338. Часть физики, разсуждающая о свѣтѣ и его свойствахъ, называется *оптикою*. Для изъясненія явленій свѣта находятся два главнѣйшихъ мнѣнія, *Гугеніево* и *Ньютоново*. Послѣдователи системы Гугенія допускаютъ, что въ пространствахъ Вселенной и во всѣхъ тѣлахъ ея распространена тончайшая, совершенно упругая жидкость, названная *эѳиромъ*; что тѣла природы могутъ оную приводить въ дрожательное движеніе, которое съ величайшею быстротою передается во всѣ стороны, сообщается эѳиру въ тѣлахъ содержащемуся и вѣроятно самымъ частичкамъ тѣлъ; и что свѣтъ есть только ощущеніе тѣхъ дрожаній эѳира, кои имѣютъ достаточную силу и скорость. Изъ сего видно, что, по сей теоріи, свѣтъ въ Оптикѣ совершенно сходствуетъ съ звукомъ въ Акустикѣ; свѣтящееся тѣло сходствуетъ съ тѣломъ звучащимъ въ воздухѣ; свѣтородныя волненія эѳира — съ звучными волненіями воздуха; сила свѣта — съ силою звука; и качество свѣта — съ ощущеніями различныхъ тоновъ.

По мнѣнію же Ньютона, всякое свѣтящееся тѣло, будучи источникомъ свѣта выбрасываетъ изъ всѣхъ точекъ своей поверхности частички свѣтородной матеріи, кои, по своей самонедѣйственности, движутся по прямымъ линіямъ, и сообщаютъ нашему органу зрѣнія ощутимыя впѣчатлѣнія.

Первое изъ сихъ мнѣній называется *системою волненія*, а второе — *системою истеченія*. Со времени Ньютона, обогатившаго оптику открытіемъ многихъ свойствъ свѣта, до настоящаго вѣка, система исте-

ченія находилась во всеобщемъ употребленіи, ибо весьма легко и просто изъясняла всѣ явленія, тогда извѣстныя; система же волненія, была сначала поддерживаема *Эйлеромъ*, а потомъ совсемъ оставлена. При настоящемъ же состояніи познаній, когда трудами *Юнга* (въ Англіи), *Френеля и Араго* (во Франціи), и *Фраунгофера* (въ Баваріи) открыты нѣкоторыя новыя свойства свѣта, система истеченія оказывается неудовлетворительною для изъясненія оныхъ: подробное же изслѣдываніе системы волненія показало, что она, ежели еще не всѣ, то покрайней мѣрѣ самое большое число явленій свѣта выводитъ со всею не принужденностію изъ общихъ началъ Динамики упругихъ жидкостей; и тѣмъ заслужила довѣренность почти у всѣхъ Физиковъ. Впрочемъ выводъ всѣхъ свойствъ свѣта изъ теоріи волненія требуетъ глубокихъ познаній въ аналитической механикѣ; по сему-то въ краткихъ курсахъ Физики ограничиваются изложеніемъ законовъ явленій свѣта, давая одно только поверхностное понятіе о самой теоріи, да и то гдѣ сіе возможно.

339. Темныя тѣла, принимая на себя свѣтъ отъ тѣлъ свѣтящихся, разсѣяваютъ или отражаютъ оный во всѣ стороны, и посредствомъ онаго дѣлаются не только видимыми, но даже способными освѣщать другіе предметы. Если внести зажженную свѣчу въ темную комнату, то мы увидимъ не только пламя оной свѣчи, но и другіе предметы, тамъ находящіеся. Свѣтъ, проникающій сквозь небольшое окно въ темную комнату, падая на бѣлую бумагу или стѣну, разсѣевается отъ оной на другіе предметы, и дѣлаетъ оные видимыми. Луна и планеты суть тѣла темныя, но от-

ражая свѣтъ, достигающій къ нимъ отъ солнца, кажутся свѣтящимися.

340. *Распространеніе свѣта.* — Свѣтъ отъ каждой точки свѣтящагося тѣла распространяется во всѣ стороны по прямымъ линіямъ. Ибо сія точка сдѣлается не видимою, если на прямой линіи между нею и нашимъ глазомъ будетъ поставлено какое нибудь даже весьма малое непрозрачное тѣло, на прим. проволока. Ежели сквозь малое отверстіе пропуститъ солнечный свѣтъ въ темную комнату, то его путь въ воздухѣ, представится въ видѣ свѣтлой прямолинейной черты. А наблюденія закрытія звѣздъ, показываютъ намъ, что свѣтъ сохраняетъ свое прямолинейное распространеніе на величайшихъ разстояніяхъ. Прямыя линіи, по коимъ распространяется свѣтъ отъ свѣтящейся точки, называются *лучами свѣта.*

341. *Тѣни.* — Прямолинейное распространеніе свѣта служитъ прямымъ объясненіемъ происхожденія тѣни замѣчаемой на темныхъ тѣлахъ, когда онѣ бываютъ освѣщаемы съ какой ни есть стороны. Ежели тѣло *mn* освѣщается *параллельными лучами свѣта* (на прим. солнечными), то лучи, къ нему касательные, своими точками касанія составятъ на его поверхности кривую линію *abcd* (фиг. 173), которая отдѣлитъ освѣщенную часть тѣла отъ отѣненной. Поверхность *mabcd* подверженная непосредственному дѣйствію лучей свѣта, будетъ освѣщена; а поверхность *nabcd*, не получающая свѣта, будетъ отѣнена, и составитъ боковую *тѣнь* тѣла. Пространство *acpq*, въ которое лучи свѣта не могутъ проникать, будучи останавливаемы тѣломъ *mn*, называется *отбрасываемою тѣнью*, которая въ семъ случаѣ будетъ призматическою или

цилиндрическою. Ежели отбрасываемая тѣнь встрѣчаетъ поверхность какого нибудь тѣла, то часть сей поверхности, лежащая внутри отбрасываемой тѣни, также будетъ отѣнена; сія тѣнь называется *падающею.* — Если тѣло освѣщается свѣтящеюся точкою, то лучи свѣта касательные къ оному тѣлу своими точками касанія составятъ кривую линію, раздѣляющую отѣненную часть онаго тѣла отъ освѣщенной. Въ семъ случаѣ отбрасываемая тѣнь будетъ коничеcкая безконечная. — Когда же предметъ *mn* освѣщается свѣтящимся тѣломъ SS (фиг. 174), имѣющимъ гораздо большій объемъ, то не всѣ точки освѣщенной части получаютъ одинакое количество свѣта. Ибо, проведя касательныя *Sa*, *Sb*, *hc*, *hd* къ обоимъ тѣламъ, откроется, что часть *cdn* будетъ освѣщена наиболѣе; а часть *abcd* получаетъ постепенно менѣе свѣта отъ *cd* до *ab*, и дѣлаетъ переходъ къ тѣни, и потому и называется *полу-тѣнью.* Часть *abm* будетъ совершенно отѣнена. Въ семъ случаѣ тѣло будетъ отбрасывать 1) коническую тѣнь оканчивающуюся, и 2) полутѣнь *apq*, *brt.* Сіи тѣни, встрѣчая какую нибудь плоскость MN, составятъ на оной полную падающую тѣнь *qr*, и полутѣнь *pq*, *rt.* — Такого рода тѣнь отбрасываютъ отъ себя планеты и ихъ спутники, освѣщаемые солнцемъ.

342. *Скорость распространенія свѣта* столь велика, что не возможно измѣрять оную на земныхъ разстояніяхъ. Только астрономическія наблюденія, дѣланныя въ первый разъ *Ремеромъ* и *Кассини* въ 1675 и 1676 годахъ надъ закрытіями перваго Юпитерова спутника, показали, что свѣтъ распространяется равномѣрно и имѣетъ опредѣленную скорость; ибо онъ отъ солнца

до земли (около 20.000.000 геогр. миль) достигаетъ въ 8′ 13″, слѣдственно въ каждую секунду времени переносится почти на 40000 геогр. миль. Сія скорость свѣта почти въ 10000 разъ болѣе скорости движенія земли по ея орбитѣ. Изъ сего видно, что когда солнце находится въ какой ни есть точкѣ своего видимаго пути, то мы усматриваемъ его присутствіе въ оной не прежде, какъ спустя 8′ 13″ послѣ того, какъ оно тамъ находилось. См. *Прибавленіе 4-е.*

По *системѣ волненія*, равномѣрность распространенія свѣта и его скорость необходимо слѣдуютъ изъ закона распространенія дрожательнаго движенія въ однородной, упругой срединѣ (эѳирѣ), имѣющей чрезмѣрно малую плотность (293). По *системѣ же истеченія* она изъясняется изъ свойства самонедѣйственности частицъ свѣта, предполагая, что онѣ изъ всякаго свѣтящагося тѣла выбрасываются *равными*, чрезмѣрно большими отталкивательными силами.

343. Свѣтъ, распространяясь отъ своего источника становится рѣже и слабѣе, и *сила его на разныхъ разстояніяхъ отъ свѣтящагося тѣла бываетъ обратно пропорціональна квадратамъ сихъ разстояній.* По *системѣ волненія* ослабленіе свѣта изъясняется такимъ же образомъ, какъ ослабленіе звука въ Акустикѣ (296). Оно хорошо также изъясняется и по *системѣ истеченія* : ибо, если около свѣтящейся точки, какъ центра, вообразимъ двѣ концентрическія поверхности шаровъ s, S, описанныя радіусами r, R; то одинакое количество свѣта будетъ проходить сквозь обѣ сіи поверхности: но густота свѣта на большей поверхности S будетъ во столько разъ менѣе густоты свѣта на s, во сколько сія поверхность болѣе поверхно-

сти *s*. Слѣдственно густоты или пропорціональныя имъ силы свѣта будутъ обратно пропорціональны симъ поверхностямъ, или обратно пропорціональны квадратамъ ихъ радіусовъ.

Впрочемъ сей законъ имѣетъ мѣсто только тогда, когда распространеніе свѣта происходитъ въ пустотѣ: свѣтъ ослабляется гораздо быстрѣе, когда онъ распространяется въ прозрачныхъ срединахъ жидкихъ или твердыхъ.

344. Опытъ показываетъ, что не всѣ тѣла свѣтятъ съ одинакою силою. Иное тѣло, по сравненію съ другимъ, столь слабо свѣтитъ, что его свѣтъ дѣлается вовся незамѣтнымъ при свѣтѣ сего послѣдняго. Таковъ свѣтъ тѣлъ фосфорическихъ въ сравненіи съ свѣтомъ свѣчи, а свѣтъ сей послѣдней въ сравненіи съ солнечнымъ.

Часть Оптики, руководствующая къ опредѣленію силы свѣта различныхъ свѣтящихся тѣлъ, называется *фотометріею*; а орудія, употребляемыя для сей цѣли, называются *фотометрами*. О силѣ свѣта тѣлъ свѣтящихся большею частію судятъ по освѣщенію ими производимому. А какъ *освѣщеніе* зависитъ 1) отъ количества и качества свѣта распространяемаго каждою точкою свѣтящагося тѣла, 2) отъ величины сего тѣла, 3) отъ его разстоянія до освѣщеннаго предмета, 4) отъ положенія плоскости, принимающей свѣтъ (*), и 5) отъ природы освѣщаемаго тѣла и его состоянія скопленія; то и сравненіе свѣта тѣлъ можно про-

---

(*) Освѣщеніе производимое лучами, падающими косвенно на поверхность тѣла, *пропорціонально синусу угла ихъ наклоненія къ оной поверхности.*

изводить, употребляя одинакія тѣла тождественнымъ образомъ, и при одинаковыхъ прочихъ обстоятельствахъ. Тогда *сила свѣта будетъ пропорціональна его дѣйствію на разстояніи 1-цы отъ свѣтящагося тѣла.* А чтобы найти отношеніе между силами свѣта двухъ свѣтящихся точекъ S, S′, ищутъ, на какихъ разстояніяхъ D, D′, онѣ одному и тому же тѣлу доставляютъ равное освѣщеніе. Положимъ, что f, f', суть силы свѣта оныхъ точекъ на разстояніи 1 фута; то сила свѣта точки S на разстояніи D будетъ $= \frac{f}{D^2}$ (ибо она должна быть обратно пропорціональна квадрату разстоянія); а для точки S′ сила свѣта на разстояніи D′ будетъ $\frac{f'}{D'^2}$. Для равенства освѣщенія нужно, чтобы

$$\frac{f}{D^2} = \frac{f'}{D'^2}, \text{ или } f : f' = D^2 : D'^2;$$

то есть, *силы свѣта прямо пропорціональны квадратамъ разстояній ихъ равнаго освѣщенія.* Разстоянія D, D′ равнаго освѣщенія, по способу *Волластона*, можно найти слѣдующ. образомъ: двумя свѣтящимися точками S, S′, освѣтимъ какое нибудь не прозрачное тѣло, и двѣ тѣни имъ отбрасываемыя примемъ на натянутое полотно; потомъ расположимъ S, S′ такъ, чтобы обѣ тѣни на полотнѣ показались одинаково темными: тогда измѣримъ разстоянія D, D′ точекъ S, S′ до соотвѣтственныхъ тѣней, и проч.

345. Когда свѣтъ на пути своего распространенія встрѣчаетъ какое ни есть тѣло, то одна его часть отражается отъ поверхности онаго тѣла, другая же вступаетъ внутрь, и отчасти проходитъ сквозь тѣло,

а частію приводится въ бездѣйствіе и дѣлается не ощутительною. Свѣтъ, отражаемый тѣломъ или проходящій сквозь оное, получаетъ многоразличныя измѣненія либо въ направленіи своего распространенія, либо въ скорости, силѣ и качествѣ дѣйствія. Сіи измѣненія зависятъ отъ вида поверхности тѣлъ, ихъ плотности, природы и состоянія совокупленія ихъ частицъ. Разсматриваніе сего отношенія между свѣтомъ и тѣлами составляетъ въ Оптикѣ слѣдующія части: Катоптрику, Діоптрику, Интерференцію свѣта и Поляризацію. Въ Катоптрикѣ излагаются законы отраженія свѣта; Діоптрика разсуждаетъ о законахъ прохожденія свѣта сквозь прозрачныя тѣла; Интерференція свѣта показываетъ взаимное дѣйствіе лучей онаго при взаимномъ ихъ пересѣченіи; а Поляризація разсуждаетъ о нѣкоторыхъ особенныхъ свойствахъ лучей свѣта отраженныхъ отъ полированныхъ тѣлъ или прошедшихъ сквозь прозрачныя окристаллованныя тѣла.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Объ отраженіи свѣта *(Катоптрика).*

346. Когда лучь свѣта SA встрѣчаетъ гладкую поверхность тѣла, то часть онаго отражается въ сторону AS′ (фиг. 175). Въ семъ случаѣ *угломъ паденія* SAP называютъ тотъ, который составляетъ лучь падающій съ нормальною AP къ отражающей поверхности; а *угломъ отраженія* PAS′ называется уголъ, состав-

ляемый лучемъ отраженнымъ съ тою же нормальною.

Измѣряя углы паденія и отраженія посредствомъ вѣрнаго инструмента, найдены два закона, принимаемые за основаніе всей Катоптрики : 1) *Уголъ паденія всегда бываетъ равенъ углу отраженія* ; 2) *Лучъ падающій съ лучемъ отраженнымъ и нормальною* AP *всегда находятся въ одной плоскости*, называемой *плоскостью отраженія*.

347. По *системѣ волненія*, отраженіе свѣта происходитъ также какъ и отраженіе звука (298). Въ *системѣ же истеченія* для изъясненія отраженія свѣта предполагаютъ, что при поверхности всякаго тѣла, на малѣйшихъ разстояніяхъ, дѣйствуютъ *отражающія силы*, коихъ равнодѣйствующія вездѣ должны быть перпендикулярны къ сей поверхности. Положимъ, что свѣтородная частичка, по направленію SA, приближается, къ поверхности MN (фиг. 176) тѣла; разложимъ ея скорость bA на bd и bc, изъ коихъ первая перпендикулярна къ MN, а вторая параллельна MN. Какъ скоро она вступитъ въ сферу mnMN дѣйствія отражающихъ силъ, то ея скорость bd дѣйствіемъ силъ начнетъ безпрестанно уменьшаться, и уничтожится прежде, нежели частичка свѣта прикоснется къ MN; скорость же bc останется неизмѣнною. Частица свѣта, бывъ отвлекаема отъ своего начальнаго направленія bA, опишетъ кривую bk, и дѣйствіемъ оттталкивательныхъ силъ начнетъ отклоняться отъ MN. А какъ оныя силы будутъ дѣйствовать по тому же закону, то онѣ и сообщатъ ей въ противную сторону всю скорость $fe = bd$, которую уничтожили. Отъ сего частичка свѣта опишетъ кривую $ke = kb$, и, вышедъ изъ сферы дѣйствія силъ, пойдетъ по прямой

eS', касательной къ сей кривой. Очевидно, что въ семъ случаѣ $\angle SAc = \angle S'Ac$.

348. *Количество отраженнаго свѣта* получается тѣмъ болѣе, чѣмъ косвеннѣе свѣтъ падаетъ на отражающую поверхность. Наблюденія *Бугера* показали, что изъ 1000 лучей падающихъ, число лучей отраженныхъ водою и стекломъ получается:

При углѣ паденія.	*Вода.*	*Стекло.*
5°	501 луч.	549 луч.
10	333	412
15	211	299
30	22	34
70	18	25
90	18	25

Ртуть, при углѣ паденія $11°\frac{1}{2}$, отражаетъ 754 луча.

349. Законы отраженія свѣта служатъ къ изъясненію многихъ любопытныхъ и для науки полезныхъ явленій, производимыхъ *зеркалами* всякаго рода. Въ употребленіи находится три рода зеркалъ: 1) металлическія; 2) стеклянныя неподложенныя амальгамою; и 3) стеклянныя, подложенныя амальгамою, состоящею изъ олова и ртути. Первыя два рода зеркалъ гораздо совершеннѣе послѣднихъ, и преимущественно употребляются въ Физикѣ. Всѣ онѣ имѣютъ свойство показывать изображенія предметовъ посредствомъ отраженія свѣта, приходящаго отъ оныхъ.

Плоскія зеркала.

350. Изъ законовъ отраженія свѣта видно, что плоское зеркало, отражая отъ себя падающіе лучи свѣта, не можетъ перемѣнять относительнаго ихъ направленія, именно:

1)Параллельные лучи свѣта, отразившись отъ плоскаго зеркала, остаются параллельными; это очевидно.

2) Лучи Sa, Sb (фиг. 177), разходящіеся отъ свѣтящейся точки S, по отраженіи отъ плоскаго зеркала MN, дѣлаются разходящимися подъ такимъ же угломъ, какой имѣли до отраженія; слѣдственно всѣ они представляются какъ бы выходящими изъ одной точки S', лежащей позади зеркала на такомъ же разстояніи, на какомъ находится свѣтящаяся точка S передъ зеркаломъ, и на одной съ нею прямой перпендикулярной къ зеркалу. Въ самомъ дѣлѣ, проведемъ $SS' \perp MN$, отложимъ $S'O = SO$, и вообразимъ прямыя $S'ac$, $S'bd$; то линіи ac, bd будутъ тѣ самыя направленія, по коимъ отразятся лучи Sa, Sb. Ибо $\triangle Sao = \triangle S'ao$, и $\triangle Sbo = \triangle S'bo$; слѣдственно $\angle Sao = \angle S'ao = \angle caN$, и $\angle Sbo = \angle S'bo = \angle dbN$, и проч.

Точка S', въ которой сходятся всѣ отраженные лучи, бывъ продолжены за зеркало, называется *точкою схода*. Она же называется *изображеніемъ* точки S: ибо, когда отраженные лучи ac, bd приходятъ въ глазъ зрителя, то они производятъ на него такое же дѣйствіе, какое они бы произвели, если бы дѣйствительно приходили отъ точки S'.

И такъ, *чтобъ отъискать для точки* S *ея изображеніе за плоскимъ зеркаломъ*, довольно только опустить изъ оной перпендикуляръ SS' на зеркало, и отложить $S'O = SO$; точка S' и будетъ изображеніемъ.

3) Ежели предъ плоскимъ зеркаломъ MN находится предметъ AB (фиг. 178), то глазъ видитъ его изображеніе ab за зеркаломъ въ такой же величинѣ и на такомъ же разстояніи отъ зеркала, на какомъ предметъ находится передъ зеркаломъ. Ибо всякая точка

А предмета имѣетъ свое изображеніе въ a, на прямой $Aa \perp MN$, и на разстояніи $ao = AO$.

Ежели зеркало MN горизонтально, а предметъ AB вертикаленъ, то глазъ увидитъ его изображеніе aB за зеркаломъ въ превратномъ положеніи (фиг. 179).

Ежели предметъ AB горизонталенъ, а зеркало къ нему наклонено подъ угломъ въ 45°, то его изображеніе ab представится вертикальнымъ (фиг. 180).

4) Ежели зеркало находится въ покоѣ, а предметъ въ движеніи, то его изображеніе за зеркаломъ движется съ такоюже скоростію. Но *если предметъ остается въ покоѣ, а зеркало въ движеніи, то скорость изображенія бываетъ вдвое болѣе скорости зеркала.* Ибо когда зеркало MN (фиг. 181), за коимъ находится изображеніе a' предмета a, передвинется до a', то изображеніе a' удалится въ a'' на разстояніе $a'a'' = aa' = 2a'b$.

5) Ежели поставить предметъ n (фиг. 182) между двумя зеркалами, наклоненными подъ угломъ AoB; то за зеркаломъ Bo представится изображеніе $A'oB$ угла AoB, гдѣ $A'o$ будетъ изображеніемъ зеркала Ao, и n' изображеніемъ предмѣта n. Уголъ BAO' за видимымъ зеркаломъ $A'O$ будетъ имѣть изображеніемъ $A'oB'$, и n' будетъ имѣть изображеніемъ n'', и т. д. Въ другую сторону, уголъ BAc за зеркаломъ AO будетъ имѣть изображеніемъ $\angle Aob$, гдѣ Ob будетъ изображеніемъ для OB, и m изображеніемъ для n, и т. д. Слѣдственно глазъ *вмѣстѣ съ предметомъ увидитъ столько изображеній, сколько разъ уголъ* AOB *содержится въ* 360°. Всѣ сіи изображенія расположены будутъ кругообразно около линіи O, соединяющей зеркала, и будутъ лежать въ плоскости перпендикулярной къ сей прямой. На семъ-то свойствѣ основыва-

ется устроеніе *Калейдоскопа*, выдуманнаго *Брюстеромъ*.

Чѣмъ будетъ острѣе уголъ между зеркалами, тѣмъ болѣе въ нихъ представится изображеній предмета *n*; наконецъ, ежели зеркала сдѣлаются параллельными, то глазъ увидитъ въ нихъ безчисленное множество изображеній, расположенныхъ въ одной линіи, постепенно уменьшающихся, и становящихся менѣе явственными.

351. На отраженіи свѣта отъ плоскихъ зеркалъ основывается устроеніе *Полемоскопа*, *Гоніометровъ* (угломѣровъ) Малюсова и Волластонова, (*) *Зеркальнаго секстанта*, *Геліостата* (**) и проч.

Для измѣренія угловъ призмъ, при содѣйствіи отраженія свѣта, можно употребить приборъ, означенный на фиг. 183. Онъ состоитъ изъ большаго мѣднаго горизонтальнаго круга DLS, раздѣленнаго на градусы, и сверхъ сего на четыре четверти посредствомъ діаметровъ D*o*, LL, взаимно перпендикулярныхъ. При окружности сего круга находятся два подвижныхъ діоптра съ малыми цилиндрическими отверстіями, равно отстоящими отъ плоскости круга, и всегда направленными по радіусамъ. Если нужно измѣрить двугранный уголъ A призмы ABC, то надлежитъ оную поставить на кругѣ такъ, чтобы одинъ ея бокъ AB совпадалъ съ линіею *mn*, параллельною діаметру LL, а другой проходилъ чрезъ центръ *o* круга. Потомъ надлежитъ поставить одинъ діоптръ такъ, чтобы его отверстіе направлено было по діаметру LL, и, смо-

(*) Traité de phys. par Biot. tom. III, pag. 160 — 166.

(**) Тамъ же pag. 175 — 189. Или лучше въ Die Naturlehre v. A. Baumgartner. Supplementband, St. 576.

тря въ оный діоптръ по радіусу LO, должно подвигать діоптръ S до толѣ, пока глазъ увидитъ ясно въ плоскости AB, какъ въ зеркалѣ, его изображеніе. Тогда взявъ разность

$$180^\circ - LOS = AOL + BOS = 2\,AOL = 2\,A, \text{ получимъ}$$

$$A = 90^\circ - \frac{LOS}{2}$$

Зеркальный Секстантъ (фиг. 184) употребляется для измѣренія угла зрѣнія, опредѣляемаго лучами зрѣнія, проведенными изъ точки o къ двумъ отдаленнымъ предметамъ t, t'. Перпендикулярно къ плоскости секстанта придѣлываются два зеркала m, m', изъ коихъ одно обыкновенное, а другое состоитъ изъ пластинки стекла, которой одна половина подложена амальгамою, а другая оставлена прозрачною. Зеркало m прикрѣплено къ алидадѣ km, и можетъ подвигаться около центра секстанта; второе же зеркало m, утверждается неподвижно на радіусѣ mf, параллельно начальному радіусу mg секстанта, отъ коего считаются дѣленія дуги. Въ точкѣ o находится діоптръ, изъ коего можно видѣть предметъ t' сквозь непокрытую часть зеркала m', и изображенія предмета t, отражаемыя отъ двухъ зеркалъ. Дабы измѣрить величину угла tot', надлежитъ лучи зрѣнія to, $t'o$ принять на зеркала m, m', и подвигать до тѣхъ поръ алидаду, пока изображеніе предмета t, отраженное сперва отъ m, а потомъ отъ подложенной части зеркала m', соупадаетъ съ изображеніемъ t', видимымъ сквозь неподложенную часть того же зеркала : тогда *искомый уголъ o будетъ равенъ двойному углу k, составляемому зеркалами.* Ибо, означая углы буквами, на фигурѣ показанными, имѣемъ изъ $\triangle mm'o$,

$\angle o = 2i' + 2i = 2(i' - i)$; а изъ $\Delta mm'k$, $\angle k = i' - i$: но $\angle o = gmk$, слѣдственно $\angle o = 2 . gmk$. Уголъ gmk опредѣлится дугою секстанта.

Сферическія зеркала.

352. Зеркала сферическія, то есть, имѣющія шаровыя кривизны, бываютъ *вогнутыя* и *выпуклыя*, смотря по тому, вогнутая или выпуклая ихъ поверхность бываетъ полирована.

Во всякомъ сферическомъ зеркалѣ центръ кривизны его называютъ *центромъ геометрическимъ*; середняя точка поверхности зеркала называется *центромъ оптическимъ*; а прямая, воображаемая чрезъ сіи два центра, *осью зеркала*. — При разсматриваніи свойствъ сферическаго зеркала, мы будемъ брать одинъ его разрѣзъ MCN (фиг. 185) по оси OC; и въ плоскости сего разрѣза представлять падающіе на него лучи свѣта.

353. *Вогнутыя зеркала.* — Онѣ имѣютъ свойство собирать или сближать падающіе на нихъ лучи свѣта.

1) Когда на вогнутое зеркало падаетъ лучь свѣта, проходящій чрезъ геометрическій центръ O, то отразится назадъ по тому же направленію: это очевидно. По сему, ежели въ центрѣ O поставлена будетъ свѣтящаяся точка, то лучи свѣта, расходящіеся изъ оной по радіусамъ кривизны зеркала, по отраженіи отъ онаго, возвратятся обратно къ центру, каково бы ни было сіе зеркало.

2). Если свѣтящаяся точка S будетъ находиться далѣе геометрическаго центра O вогнутаго зеркала MCN (фиг. 186), то каждые два луча, расходящіеся отъ оной, по отраженіи отъ сего зеркала, сдѣлаются сходящимися, и пересѣкутся гдѣ нибудь между цен-

тромъ O и зеркаломъ. Для примѣра, возмемъ лучи SC Sa : первый изъ нихъ, будучи направленъ по оси OC зеркала, отразится назадъ по тому же направленію; что касается до луча Sa, то проведя радіусъ Oa къ его точкѣ паденія a, чтобы получить уголъ паденія SaO, и построивъ уголъ Oaf = SaO по другую сторону aO, получится направленіе af луча отраженнаго, который встрѣтится съ CS въ точкѣ f. Точка f пересѣченія отраженныхъ лучей называется *сопряженнымъ фокусомъ*, а его разстояніе fc до зеркала называется *фокуснымъ разстояніемъ*. Подобнымъ же образомъ лучи Sb, SM пересѣкутся съ осью SC и составятъ сопряженные фокусы f', f''. Сверхъ сего лучи SC, Sa, Sp, Sb, Sq,... по отраженіи отъ зеркала, пересѣкаясь между собою послѣдовательно, опредѣлятъ кривую коноидальную поверхность, которая называется *фокусною поверхностію* (caustique), и которая въ разрѣзѣ представляется въ видѣ двухъ *фокусныхъ кривыхъ линій* fk, fk'.

3). Если же зеркало имѣетъ малую кривизну и дуга MN (фиг. 185) его поперечнаго разрѣза менѣе 30°, то теорія согласно съ опытомъ показываетъ, что всѣ лучи свѣта Sa, Sc, разходящіеся отъ свѣтящейся точки S, взятой на оси, по отраженіи отъ онаго зеркала, примѣтно пересѣкаются въ одной точкѣ f. Но какъ подобныя зеркала и могутъ показывать самыя явственныя и правильныя изображенія предметовъ, то онѣ преимущественно и заслуживаютъ вниманіе Физиковъ.

Если назовемъ буквами D, R и f разстояніе Sc свѣтящейся точки до зеркала, радіусъ oc зеркала, и фо-

кусное разстояніе *fc*, то, по закону отраженія свѣта, получаемъ

$$\angle Sao = \angle fao, \text{ также}$$
$$\angle Sao = \angle aoc - S,\ \angle fao = \angle afc - aoc;\ \text{посему}$$
$$2aoc = afl + S.$$

Какъ сіи углы весьма малы, то вмѣсто оныхъ безъ примѣтной погрѣшности можно взять ихъ тангенсы, и допустить, что дуга *a*C сливается съ ея тангенсомъ, и будетъ

$$\frac{2ac}{co} = \frac{2ac}{fc} + \frac{2ac}{sc}, \text{ или}$$
$$\frac{2}{R} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f}.$$

Сія формула есть общая для сферическихъ зеркалъ, и одна изъ важнѣйшихъ во всей Оптикѣ. Она показываетъ, что *лучи свѣта* S*a*, XC (фиг. 187) *параллельные оси зеркала, по отраженіи отъ онаго дѣлаются сходящимися, и пересѣкаются на оси въ одной точкѣ* F, *лежащей на половинѣ радіуса* C*o*. Для сего вообразимъ себѣ, что свѣтящаяся точка S по оси удалена въ безконечность; тогда лучи свѣта, отъ нее приходящіе на зеркало будутъ параллельными; а для $D = \infty$, будетъ $\frac{1}{D} = o$, и слѣдственно вышеозначенная формула обратится въ

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{F}, \text{ или } F = \frac{R}{2}.$$

Точка F, къ которой отражаются всѣ лучи свѣта параллельные оси зеркала, называется *главнымъ фокусомъ*, а разстояніе FC — *главнымъ фокуснымъ разстояніемъ*. Сію точку не трудно найти и по опыту: для сего должно ось зеркала направить къ центру солнца найти точку F, въ которой пересѣкаются всѣ лучи

солнечные, отраженные зеркаломъ, и измѣрить разстоянie FC.

Обратно : ежели свѣтящаяся точка будетъ поставлена въ главномъ фокусѣ F, то лучи Fa, Fb, расходящiеся отъ оной, по отраженiи отъ зеркала, сдѣлаются параллельными его оси OC.

4). Лучи fa, fC, расходящiеся отъ свѣтящейся точки f, поставленной между центромъ O и главнымъ фокусомъ F, отразившись отъ зеркала, дѣлаются сходящимися, и пересѣкаются въ точкѣ X далѣе центра O. Ибо уголъ паденiя $faO <$ угла FaO, то и уголъ отраженiя $Oax < OaS$.

Очевидно также, что если бы точка x была свѣтящеюся, то расходящiеся изъ оной лучи Xa, XC, отразившись отъ зеркала, пересѣкутся въ f между главнымъ фокусомъ и центромъ O.

5). Лучи S′R, XR сходящiеся, падающiе на вогнутое зеркало, по отраженiи, дѣлаются еще болѣе сходящимися, и пересѣкаютск въ точкѣ f' между главнымъ фокусомъ F и зеркаломъ. Ибо уголъ паденiя $S'ao > Sao$, то и уголъ отраженiя $f'aO > FaO$.

Обратно, еслибы изъ точки f' расходились лучи $f'a$, $f'C$, то они по отраженiи сдѣлаются менѣе расходящимися по линiямъ aS', CO.

6). Ежели между фокусомъ F и вогнутымъ зеркаломъ поставить предметъ ab (фиг. 188), то глазъ увидитъ его изображенiе за зеркаломъ, въ большемъ видѣ въ прямомъ положенiи, и далѣе отъ зеркала. Для удобности построенiя изображенiй, *будемъ всегда брать предметъ* ab *въ видѣ прямой линiи перпендикулярной къ оси, и раздѣляемой оною пополамъ.* Возмемъ отъ его верхней точки a два луча am, aC, изъ коихъ первый

параллеленъ оси OC, а другой направленъ къ оптическому центру C : первый лучь отразившись пройдетъ чрезъ главный фокусъ F, а второй чрезъ точку *b*, и оба сдѣлаются менѣе расходящимися. Ежели сіи лучи придутъ въ глазъ зрителя, то онъ увидитъ изображеніе A точки *a* позади зеркала, гдѣ пересѣклись бы лучи F*m*, *b*C, бывъ продолжены назадъ. Такимъ же образомъ мы нашли бы и изображеніе B для точки *b*; и слѣдственно все изображеніе предмета представится въ AB увеличеннымъ и въ прямомъ положеніи. По сей то причинѣ вогнутыя зеркала называются *увеличительными*.

7). Чѣмъ ближе поставленъ будетъ предметъ къ фокусу, тѣмъ его изображеніе AB сдѣлается болѣе и удалится далѣе отъ зеркала. Когда же предметъ поставленъ будетъ въ главномъ фокусѣ, то его изображеніе удалится на безконечное разстояніе, и сдѣлается не видимымъ; ибо тогда лучи, идущіе на зеркало отъ каждой точки предмета, по отраженіи сдѣлаются параллельными, ни гдѣ не пересѣкутся, и не составятъ ни какого изображенія.

8) Ежели предметъ *ab* поставленъ будетъ между главнымъ фокусомъ F и геометрическимъ центромъ O, то его изображеніе AB составится передъ зеркаломъ, въ большемъ видѣ, въ превратномъ положеніи, и далѣе геометрическаго центра (фиг. 189). Ибо ежели отъ точки *a* возмемъ лучь *am* ∦ OC, и лучь *a*C, идущій къ центру O, то они по отраженіи сдѣлаются сходящимися, и пересѣкутся далѣе центра O, ниже оси въ точкѣ A, которая и будетъ изображеніемъ для *a*. Такимъ же образомъ отъ точки *b* идущіе лучи *bn*, *b*C по отраженіи пересѣкутся въ B. AB будетъ увели-

ченное и превратное изображеніе предмета *ab*. И дѣйствительно, ежели предметомъ *ab* будетъ зажженная свѣча, то ея превратное изображеніе можно видѣть, ставъ позади AB, или принявъ сіе изображеніе на стѣну.

9). Обратно, если бы въ BA поставленъ былъ предметъ, то его изображеніи *ab* составилось бы передъ зеркаломъ между главнымъ фокусомъ и геометр. центромъ въ меньшемъ видѣ, въ превратномъ положеніи, и ближе къ зеркалу.

10). Чѣмъ далѣе предметъ BA будетъ удаленъ отъ зеркала, тѣмъ менѣе сдѣлается его изображеніе и тѣмъ оно болѣе приблизится къ фокусу F. Ежели предмета поставленъ будетъ чрезмѣрно далеко отъ зеркала, то его изображеніе сольется въ одну точку съ фокусомъ F. Такимъ образомъ солнечные лучи отражаясь отъ вогнутаго зеркала, пересѣкаются въ его фокусѣ, и въ оной представляютъ намъ малое и превратное изображеніе солнца. Въ сей точкѣ не только обнаруживается яркій свѣтъ, но и такой сильный жаръ, въ которомъ можно зажигать горючія тѣла, и плавить тѣла самыя огнеупорныя. Отъ сего-то вогнутыя зеркала называются еще *зажигательными*.

Зеркала сіи входятъ въ составъ зеркальныхъ телескоповъ, употребляются при освѣщеніи для отраженія свѣта въ извѣстную сторону, для произведенія высокой степени жара (*), для изслѣдыванія свойствъ теплорода, и проч.

(*) Такого рода зеркала дѣланы были въ 17-мъ вѣкѣ *Вильетомъ* (во Франціи), и *Чирнгаузеномъ* изъ металлическихъ составовъ. Они имѣли отъ 3 до 5 футовъ ширины и отъ

354. *Выпуклыя зеркала.* — Онѣ имѣютъ свойство разсѣявать или отдалять падающіе на нихъ лучи свѣта.

1). Лучи свѣта SA, SB, (фиг. 190), параллельные оси CO выпуклаго зеркала AB, отражаясь отъ онаго, дѣлаются разходящимися по направленіямъ AS′, BS′ (*), слѣдственно не составляютъ фокусовъ передъ зеркаломъ; но, бывъ продолжены за зеркало, пересѣклись бы въ точкѣ F, находящейся на оси CO, почти на $\frac{1}{2}$ радіуса CO. Точка сія называется мнимымъ или отрицательнымъ фокусомъ, а ея разстояніе CF до зеркала называется *фокуснымъ разстояніемъ.*

2). Обратно: лучи S′A, S′B сходящіеся, падающіе на выпуклое зеркало, и направленные къ главному фокусу F, послѣ отраженія дѣлаются параллельными оси.

3). Лучи XA, XB разходящіеся изъ точки X, взятой на оси, отразившись отъ онаго зеркала, становятся

---

3 до $3\frac{1}{2}$ футовъ въ фокусномъ разстояніи. Вильетъ построилъ 5 такихъ зеркалъ. Дѣйствія ими производимыя достойны великаго удивленія: въ фокусѣ таковыхъ зеркалъ плавилась сталь, желѣзо, мѣдь, земли, черепицы, глина, песокъ, тигли, мраморъ, яшма, порфиръ, изумрудъ, и проч.

Весьма замѣчательно, что свѣтъ отражаемый луною, бывъ собранъ въ фокусъ подобнаго зеркала, хотя производилъ весьма блестящій фокусъ; но въ семъ фокусѣ не было нисколько замѣчено возвышенія температуры. См. Traité pratique de Chimie, par S. F. Gray. tom. I. pag. 266. 1828.

(*) Здѣсь также *p*AO, *p*BO суть радіусы или нормальныя, возставленныя въ точкахъ паденія; SA*p*, SB*p* углы паденія; S′Ap, S′Bp углы отраженія.

еще болѣе разходящимися, и, бывъ продолжены за зеркало, пересѣкаются между главнымъ фокусомъ и зеркаломъ, образуя сопряженный фокусъ *f*. Ибо, вообразивъ къ точкѣ паденія A лучь свѣта SA параллельный оси XC, и отраженный по AS', находимъ, что уголъ паденія $XAp > SAp$; слѣдственно и уголъ отраженія $pAS'' > pAS'$, и точка *f* должна получиться между F и C.

Чѣмъ далѣе точка X отстоитъ отъ зеркала, тѣмъ *f* ближе находится къ F; а при великомъ отдаленіи, точка *f* сливается съ F.

4). Ежели какой нибудь предметъ AB (фиг. 191) поставленъ будетъ предъ зеркаломъ выпуклымъ, то, гдѣ бы онъ ни находился, мы усматриваемъ его изображеніе *ab* за зеркаломъ, въ меньшемъ видѣ, въ прямомъ положеніи, и ближе къ зеркалу. Для удостовѣренія въ ономъ, представимъ, что сей предметъ расположенъ симметрически относительно оси NCO, и отъ верхней его точки A возмемъ два луча свѣта, одинъ AC, а другой A*m* направленный къ главному фокусу: тогда первый изъ нихъ послѣ отраженія пройдетъ чрезъ точку B, а другой сдѣлается параллельнымъ оси, и получитъ направленіе *m*S. Лучи сіи, бывъ продолжены за зеркало, пересѣкутся въ *a*, гдѣ и составится изображеніе точки A. Подобнымъ же образомъ найдется изображеніе *b* точки B, а слѣдственно и все изображеніе *ab* предмета.

Я не буду говорить здѣсь о зеркалахъ цилиндрическихъ и коническихъ, не рѣдко встрѣчающихся въ Физическихъ кабинетахъ; ибо онѣ употребляются болѣе для забавы, нежели для интереса науки.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

О прохождении свѣта сквозь прозрачныя тѣла (*Діоптрика*).

Предварительныя понятія.

355. Всѣ тѣла воздухообразныя, большая часть капельныхъ, и многія твердыя тѣла видимымъ образомъ пропускаютъ сквозь себя свѣтъ. Но симъ свойствомъ обладаютъ онѣ въ весьма различныхъ степеняхъ, и отъ того называются *прозрачными*, *полупрозрачными*, *просвѣчивающими и непрозрачными.* Прозрачныя тѣла пропускаютъ столько свѣта, что мы можемъ сквозь нихъ видѣть и различать даже мелкіе предметы. Сквозь полупрозрачныя тѣла предметы видимы бываютъ тускло. Тѣла просвѣчивающія примѣтно пропускаютъ сквозь себя свѣтъ, но непозволяютъ сквозь себя видѣть предметовъ. Тѣлами же непрозрачными называются тѣ, сквозь кои проходитъ вовся незамѣтное количество свѣта.

356. На прозрачность имѣютъ вліяніе: 1) *гладкость поверхности тѣла*, 2) *толстота онаго*, 3) *состояніе совокупленія его частей*, и 4) *природа тѣла.* Полированное стекло, имѣющее небольшую толстоту, есть тѣло весьма прозрачное; но лишите его полировки, тогда оно сдѣлается полупрозрачнымъ либо просвѣчивающимъ, потому что большуя часть лучей свѣта на него падающихъ разсѣеваетъ какъ внѣ такъ и внутри себя неправильно. Тонкій листъ стекла, небольшой слой воды, суть тѣла прозрачныя; но ежели увеличивать ихъ толстоту болѣе и болѣе, то они постепенно начнутъ терять свою прозрачность; ибо, свѣтъ

проходя сквозь большую массу, встрѣтитъ болѣе частей матеріи, и отражаясь отъ оныхъ, сдѣлается столь слабъ, что сіи тѣла покажутся полу-прозрачными или только просвѣчивающими. По сей-то причинѣ мы не можемъ видѣть дна рѣкъ и озеръ сквозь толстыя слои воды. Доказываютъ посредствомъ математическихъ соображеній, что, *ежели въ однородной срединѣ взяты будутъ разстоянія отъ свѣтящейся точки въ прогрессіи ариѳметической, то силы свѣта или соотвѣтственныя составятъ убывающую прогрессію геометрическую.*

Большая часть *окристаллованныхъ тѣлъ*, по причинѣ правильнаго совокупленія ихъ частей, представляются весьма прозрачными: но тѣ же тѣла *неокристаллованныя* имѣютъ прозрачность гораздо меньшую, и иногда едва замѣтную. Такова углекислая известь въ состояніи мѣла, мрамора, и чистаго известковаго шпата; таковъ кварцъ окристаллованный и неокристаллованный, и проч.

Природа тѣлъ имѣетъ весьма важное вліяніе не только на количество, но и на качество свѣта ими пропускаемаго. Многія прозрачныя тѣла пропускаютъ свѣтъ не измѣняя примѣтно его качествъ; но еще болѣе находится тѣлъ, кои даютъ такое измѣненіе свѣту сквозь нихъ проходящему, что онъ приходя въ глазъ, производитъ совершенно другое дѣйствіе, нежели какое произвелъ бы онъ доходя непосредственно отъ свѣтящагося тѣла. Ощущеніе сихъ особенныхъ дѣйствій мы называемъ *цвѣтомъ* прозрачныхъ тѣлъ.

357. По *системѣ волненія*, прозрачными тѣлами называются тѣ, сквозь кои можетъ болѣе или менѣе свободно распространяться дрожательное движеніе эѳира;

онѣ суть тоже въ оптикѣ, что проводники звуки въ акустикѣ. По *системѣ же истеченія* прозрачныя тѣла суть тѣ, у коихъ промежутки между частицами такое имѣютъ расположеніе, что свѣтородныя частички могутъ свободно проходить сквозь оныя.

Мы сначала будемъ разсматривать прохожденіе свѣта сквозь тѣла неокристаллованныя и притомъ такія, кои пропускаютъ сквозь себя свѣтъ, не перемѣняя качествъ онаго.

О прохожденіи свѣта сквозь тѣла неокристаллованныя.

Простое преломленіе свѣта.

358. Когда лучь свѣта падаетъ *косвенно* на поверхность прозрачнаго *неокристаллованнаго* тѣла, то одна его часть отражается отъ сей поверхности, другая же часть проходитъ сквозь тѣло, и въ онюмъ отклоняется отъ своего начальнаго направленія. Сія перемѣна направленія называется *преломленіемъ свѣта* (réfraction de la lumière, Brechung des Lichts). На примѣръ, ежели пропустить въ темную комнату лучь свѣта SA (фиг. 192), и принять оный косвенно на плоскость стекляннаго параллелипипеда MN или на поверхность воды, то одна его часть отразится въ сторону Am, другая же часть войдетъ въ тѣло MN, но не пойдетъ по прежнему направленію At, а изберетъ путь AB, приближившись къ перпендикуляру *pp'*, воображаемому въ точкѣ паденія A къ поверхности тѣла. Сей лучь AB, дошедши до другой плоскости M'N' тѣла, раздѣлится на двѣ части, изъ коихъ одна отразится въ сторону Bn, а другая выйдетъ изъ тѣла, не по продолженію линіи ABR, но по-

направленію BS', удалившись нѣсколько отъ перпендикуляра qq' къ плоскости BN'. При семъ называютъ *угломъ паденія* тотъ, который составляетъ лучь падающій съ перпендикуляромъ паденія; а *угломъ преломленія* называется тотъ, который составляетъ лучь преломленный съ тѣмъ же перпендикуляромъ. Посему, при точкѣ A, уголъ паденія $= SAp$, уголъ преломленія BAp'; а при точкѣ B, уголъ паденія ABq, уголъ преломленія $S'Bq'$. Уголъ же BAt или S'BR, составляемый прежнимъ направленіемъ луча съ новымъ его направленіемъ, называется *угломъ отклоненія*.

Лучь свѣта только тогда не перемѣняетъ своего направленія, когда на поверхность MN тѣла падаетъ перпендикулярно.

359. Относительно простаго преломленія свѣта найдены изъ опытовъ слѣдующіе два закона, названные *Декартовыми*:

1) *Лучь падающій и лучь преломленный съ перпендикуляромъ паденія всегда находятся въ одной плоскости.*

2) Каково бы ни было направленіе луча, *синусъ угла паденія къ синусу угла преломленія имѣетъ постоянное отношеніе.* Сіе отношеніе называется *показателемъ преломленія.*

Сіи два основные закона можно съ достаточною точностію подтвердить съ помощію прибора, описаннаго прежде (351), и означеннаго на фиг. 183.

Еслибы нужно было найти показателя преломленія для какого ни есть твердаго тѣла, то обдѣлаемъ оное въ видѣ прямой треугольной призмы ABC, измѣримъ ея углы посредствомъ гоніометра, или посредствомъ сего же прибора, и поставимъ сію призму основаніемъ ABC на горизонтальной кругъ LDS такъ, чтобы ея

бокъ AC проходилъ чрезъ центръ круга, а бокъ AB былъ параллеленъ діаметру LL′, или перпендикуляренъ къ радіусу DO. Поставимъ діоптръ D такъ, чтобы его отверстіе было точно направлено по радіусу DO; потомъ, смотря сквозь діоптръ S, будемъ оный подвигать доколѣ, пока увидимъ ясно отверстіе діоптра D. Въ семъ случаѣ, лучь SO падаетъ перпендикулярно на AB, и достигаетъ до центра O не преломляясь; онъ, падая на плоскость AC, дѣлаетъ уголъ паденія pOD; а выходя изъ призмы въ воздухъ преломляется, и идетъ по направленію OS, сдѣлавъ уголъ преломленія p′OS. Здѣсь очевидно, что

уголъ паденія pOD = углу A призмы,
а *уголъ преломленія* p′OS = A + oOS.

Какъ лучи DO, OS идутъ параллельно плоскости круга (ибо проходятъ сквозь тонкія цилиндрическія отверстія, равно отстоящія отъ сей плоскости), слѣдственно лежатъ въ плоскости перпендикулярной къ бокамъ призмы, въ коей содержится и перпендикуляръ p′p паденія. Симъ и подтверждается первый законъ преломленія.

Повторяя тотъ же опытъ съ призмами, сдѣланными изъ того же прозрачнаго тѣла, имѣющими различные углы A; измѣряя соотвѣтственные углы преломленія, и опредѣляя ихъ синусы, откроется, что между синусами угловъ паденія и соотвѣтственными имъ синусами угловъ преломленія находится одно и тоже отношеніе; то есть,

$$\frac{Sin.i}{Sin.r} = n,$$

гдѣ *i* уголъ паденія, *r* уголъ преломленія, и постоянное

отношеніе или *показатель преломленія.* Изъ сей формулы, по даннымъ двумъ количествамъ, всегда найдется третье.

360. Сей же приборъ можетъ служить и для опредѣленія показателя преломленія въ тѣлахъ капельныхъ. Для сего дѣлаютъ изъ куска стекла прямую треугольную призму ABC (фиг. 193), подобную предъидущей; просверливаютъ въ оной отверстіе DEFG, и сверхъ сего дѣлаютъ еще боковое отверстіе, плотно закрываемое стеклянною пробкою H. Къ бокамъ AB, AC, прикладываютъ тоненькія стеклянныя пластинки, имѣющія широкія плоскости сколь возможно параллельныя, плотно ими закрываютъ отверстія DE, FG, и крѣпко ихъ прижимаютъ посредствомъ винтовъ. Въ пространство DEFG, посредствомъ отверстія H, наливаютъ очищенной испытуемой жидкости, и закрываютъ оную пробкою. Тогда ставятъ сію призму на кругъ DLS, и наблюдаютъ преломленіе свѣта также, какъ и въ предъидущемъ случаѣ.

Подобными же способами можно увѣриться въ законахъ преломленія свѣта и въ тѣлахъ воздухообразныхъ.

Употребляя различные способы для опредѣленія *показателей преломленія n*, Ньютонъ, Малюсъ, Волластонъ, Біотъ и Араго, Брюстеръ, Дюлонгъ, и другіе нашли, что при переходѣ свѣта изъ пустаго пространства

въ обыкновенное стекло..... $n = 1,550$
въ стекло кровнгласъ............ 1,533
— — флинтгласъ........... 1,600 до 1,616
— — буры............... 1,532
— тяжелый шпатъ............. 1,6468
— хромо-кислый свинецъ........ 2,970

— Алмазъ........................2,487
— нефть........................1,475
— чист. винный спиртъ.........1,372
— чистую воду..................1,336
— ледъ..........................1,310
— оливковое масло..............1,466
— льняное масло................1,485
— терпентинное масло..........1,471
— атмосферный воздухъ.........1,000294
— азотный газъ.................1,000300
— кислородный газъ............1,000272
— хлорный — 1,000772
— водородный — 1,000138
— углекислый — 1,000449
— углеродисто-водородный.......1,000443
— фосфористо-водородный (*).....1,000789

и проч.

361. Найденные показатели преломленія служатъ также и для опредѣленія направленія луча свѣта при его переходѣ изъ прозрачной средины въ пустоту. Ибо, ежели при переходѣ изъ пустоты въ прозрачное тѣло $\frac{sin.i}{sin.r} = n$; то, при обратномъ переходѣ, угломъ паденія будетъ r, а угломъ преломленія i; посему отношеніе между ихъ синусами будетъ $\frac{sin.r}{sin.i} = \frac{1}{n}$.

362. Изъ сего замѣчанія непосредственно слѣдуетъ, что, когда лучь свѣта SA проходитъ сквозь тѣло, ограниченное параллельными плоскостями (фиг. 192), то онъ какое-бы направленіе AB внутри онаго тѣла ни

(*) Всѣ оные газы предполагаются взятыми при температурѣ 0° и при давленіи 0,76 метра.

получилъ, всегда долженъ выйти въ пустоту по направленію BS'#SA. Ибо, возставивъ перпендикуляры pp', qq', въ точкахъ паденія A, B, имѣемъ,

$$\mathrm{Sin}SAp = n\cdot \mathrm{Sin}BAp',$$

$$\mathrm{Sin}ABq = \frac{1}{n}\,\mathrm{Sin}S'Bq'; \text{ или } \mathrm{Sin}S'Bq' = n\cdot \mathrm{sin}ABq;$$

но уголъ $BAp' = ABq$, посему

$$\mathrm{Sin}SAp = \mathrm{Sin}S'Bq', \text{ или } \angle SAp = \angle S'Bq'.$$

Если вышедшій лучь BS' придетъ въ глазъ зрителя, то сей послѣдній увидитъ свѣтящуюся точку S гдѣ нибудь въ L на продолженіи линіи S'BL. Какъ *отдаленіе лучей* SA, S'L *прямо пропорціонально толстотѣ тѣла* Mn; то явствуетъ, что оно сдѣлается вовсе незамѣтнымъ, ежели оное тѣло будетъ имѣть видъ тонкаго листа. По сей-то причинѣ сквозь оконныя стекла мы всегда видимъ предметы на своихъ мѣстахъ; ибо лучи свѣта, сквозь нихъ проходящіе не перемѣняютъ примѣтно своего направленія.

363. Посредствомъ тѣхъ же показателей преломленія n можно находить отношеніе преломленія свѣта при его переходѣ изъ одного прозрачнаго тѣла въ другое. Именно: ежели тѣла MN, M'N' (фиг. 194) имѣютъ показателей преломленія n, n', то, при переходѣ свѣта изъ перваго тѣла во второе, отношеніе между синусами угловъ паденія и преломленія получится $= \frac{n'}{n}$.

Чтобы въ семъ увѣриться, вообразимъ, что тѣла MN, M'N' ограничены параллельными плоскостями, и что линіи ab, bc, cd представляютъ ходъ луча свѣта Sa въ оныхъ тѣлахъ; въ точкахъ a b, c, паденія возставимъ перпендикуляры pp', qq', rr', кои необходимо будутъ между собою параллельны, и также лучь cd # Sa

и положимъ, что при переходѣ изъ MN въ M'N'

$$\frac{Sin.abq}{Sin.cbq'}=x:$$

тогда будемъ имѣть

$$SinSap : Sin.bap' = n : 1.$$
$$Sin.abq : Sin.cbq' = x : 1$$
$$Sin.bcr : Siu.dcr' = 1 : n'.$$

А какъ углы $bap' = abq$, $cbq' = bcr$, $Sap = dcr'$, то перемноживъ сіи пропорціи, получится

$1 : 1 = nx : n'$, или $x = \frac{n'}{n}$

Напримѣръ, при переходѣ свѣта изъ стекла кровигласъ въ стекло флинт-гласъ $x = \frac{1{,}600}{1{,}533} = 1{,}0437$.

364. Всѣ изслѣдыванія относительно преломленія свѣта въ разныхъ тѣлахъ показали, что *величина преломленія зависитъ вообще отъ природы прозрачныхъ тѣлъ и ихъ плотности.* Ежели двѣ средины однородны по химическому составу, и имѣютъ одинакую плотность, то лучь свѣта, переходя изъ одной въ другую, не преломляется. Ежели средины однородны, но имѣютъ различную плотность, то лучь свѣта, переходя изъ рѣдчайшей въ плотнѣйшую, приближается къ перпендикуляру паденія; и на оборотъ, когда онъ переходитъ изъ плотнѣйшей средины въ рѣдчайшую, то въ сей послѣдней удаляется отъ перпендикуляра паденія (*).

(*) Опыты Гг. Біота, Араго и Дюлонга показываютъ, что преломляющая сила всякаго газа или пара точно пропорціональна его плотности; что преломляющая сила *смѣси* газа съ парами равна суммѣ преломляющихъ силъ того и другаго; и что преломляющая сила газа сложнаго не зависитъ отъ суммы преломляющихъ силъ его составныхъ частей.

На конецъ, ежели природа и плотность двухъ срединъ различны, то оба сіи обстоятельства имѣютъ вліяніе на величину преломленія; и лучь свѣта идетъ ближе къ перпендикуляру въ той срединѣ, которая на него сильнѣе дѣйствуетъ. — Сверхъ сего замѣчается вообще, что тѣла *горючія* по природѣ своей, или содержащія въ составѣ своемъ весьма горячія начала, отличаются отъ прочихъ тѣлъ своею преломляющею силою : таковъ газъ водородный, винный спиртъ, масла, и проч.

365. Преломленіе свѣта причиною тому, что дно рѣкъ намъ кажется ближе къ поверхности ихъ воды, нежели на какомъ разстояніи оно дѣйствительно находится отъ сей поверхности. Пусть AB есть поверхность воды, CD дно рѣки : отъ какой нибудь точки M сего дна лучи M*a*, M*b*, идущіе косвенно, выходя въ воздухъ, удаляются отъ перпендикуляровъ *p*,*p*, возставленныхъ въ точкахъ перехода, и приходятъ разходящимися въ глазъ зрителя по направленіямъ *an*, *bn*. Глазъ, относя видимую точку въ то мѣсто, гдѣ они по продолженіи пересѣкаются, видитъ оную въ M′ гораздо ближе къ поверхности. — Отъ дѣйствія преломленія свѣта шестъ PM, опущенный косвенно въ воду, кажется переломленнымъ ; ибо его конецъ M для глаза *nn* покажется въ M′, и слѣдовательно часть AM представится въ AM′.

Ежели смотрѣть на какой нибудь предметъ S сквозь двугранный уголъ ACB стеклянной трехъугольной призмы, представленной на фиг. 196 въ своемъ поперечномъ разрѣзѣ, то увидимъ сей предметъ въ S′ весьма далеко отъ его истиннаго мѣста. Ибо лучь S*a* идущій отъ сего предмета, переходя изъ воздуха въ стекло, преломляется по направленію *ab*, приблизившись къ

перпендикуляру паденія pa; а выходя изъ стекла въ воздухъ при точкѣ b, снова преломляется, удалившись отъ перпендикуляра паденія bp', и приходитъ въ глазъ зрителя, который и усматриваетъ точку S гдѣ нибудь въ S', на продолженіи луча obS'.

Уголъ BAC, образуемый плоскостями AB, AC, сквозь кои проходятъ лучи свѣта, и къ которому отдаляется изображеніе S' точки S, называется *преломляющимъ угломъ* призмы. Уголъ SkS', составляемый лучемъ Sa входящимъ съ продолженнымъ лучемъ bo, называется *угломъ отдаленія*. Если продолжить перпендикуляры ap, bp' до ихъ пересѣченія въ точкѣ d, и означить уголъ $Sap = i$, $obp' = i'$, $bad = r$, $abd = r'$; то получится

$$\angle A = ade = r + r',$$
$$\angle SkS' = h = abk + bak = i + i' - A$$

Опытъ показываетъ, что если станемъ поворачивать призму около своей оси такъ, чтобы уголъ паденія i становился болѣе; то уголъ h отдаленія также будетъ увеличиваться, и точка S' начнетъ возвышаться болѣе и болѣе до нѣкотораго предѣла, далѣе коего она опять начнетъ понижаться, хотя призма обращается все въ ту же сторону. Теорія и опытъ согласно показываютъ, что наибольшее отдаленіе изображенія S' произходитъ тогда, когда бываетъ уголъ $i = i'$, и слѣдственно $r = r'$. Въ семъ случаѣ получится

уголъ призмы $A = 2r$,

а уголъ отдаленія $h = 2i - A$; откуда

уголъ паденія $i = \frac{h + A}{2}$, и уголъ преломленія $r = \frac{A}{2}$.

А изъ сего видно, что еслибы найденъ былъ уголъ h

изъ опыта, то для стекла призмы ABC, тотчасъ нашелся бы показатель преломленія

$$n = \frac{\text{Sin}\,i}{\text{Sin}\,r} = \frac{\text{Sin}\left(\frac{h-A}{2}\right)}{\text{Sin}\,\frac{A}{2}}.$$

Сей-то способъ преимущественно употребляли *Араго*, *Біотъ*, *Дюлонгъ* для опредѣленія показателя и въ различныхъ тѣлахъ. Для сего испытуемому тѣлу даютъ видъ прямой призмы ABC, и ставятъ оную вертикально; близъ нее же ставятъ гдѣ нибудь въ O *повторительный кругъ*, такъ чтобы его плоскость была горизонтальна; въ зрительную трубу сего круга смотрятъ сквозь призму ABC на какой нибудь *весьма отдаленный, вертикальный предметъ* S; поворачиваютъ призму около ея оси дотолѣ, пока изображеніе S′ получитъ наибольшее отдаленіе. Тогда измѣряютъ уголъ SoS', составляемый лучемъ зрѣнія, непосредственно доходящимъ до центра круга O, и лучемъ преломленнымъ; сей уголъ и будетъ $= h$. Ибо, по причинѣ отдаленности предмета S, лучи So, Sa будутъ параллельны; слѣд. $\angle O = \angle SkS'$.

Ежели на какой нибудь предметъ S (фиг. 200) смотрѣть сквозь многогранное стекло ABCD, то вмѣсто одного предмета увидимъ нѣсколько оныхъ. Ибо лучь Sp достигнетъ прямо до глаза зрителя O (предполагая что $BC \# AD$); а лучи Sm, Sn, падающіе на грани AB, CD, придутъ къ O послѣ двукратнаго ихъ преломленія: отъ сего, кромѣ предмета S, глазъ увидитъ два его изображенія S′, S″.

366. *Предѣлъ преломленія.* — При переходѣ свѣта изъ рѣдчайшей средины въ плотнѣйшую, преломленіе

происходитъ при всѣхъ углахъ паденія; ибо уголъ преломленія всегда остается менѣе угла паденія. Но, когда свѣтъ переходитъ изъ плотнѣйшей средины въ рѣдчайшую, то уголъ преломленія бываетъ болѣе угла паденія. Изъ сего видно, что, при нѣкоторомъ углѣ паденія, еще меньшемъ 90°, уголъ преломленія сдѣлается *прямымъ*: сей уголъ паденія называется *предѣломъ для угла преломленія*; ибо въ семъ случаѣ преломленіе свѣта прекращается; всѣ лучи свѣта, падающіе на плоскость, раздѣляющую двѣ средины, подъ всякими большими углами паденія, отражаются отъ оной. Сей предѣлъ не трудно вычислять по формулѣ

$$\frac{Sin i}{Sin r} = \frac{1}{n}, \text{ полагая въ оной } r = 90°.$$

Такимъ образомъ найдено, что предѣлъ преломленія, при переходѣ свѣта изъ воды..........=48° 27′ 40″
изъ стекла кровнгласъ 40 39
— флинт-гласъ 38 41
— Алмаза.......... 23 42, и п.

Весьма не трудно сіе подтвердить и на опытѣ: возмемъ стеклянную равностороннюю призму ABC (фиг. 197); поставимъ противъ нее какой нибудь предметъ S, такъ чтобы отъ него приходили лучи свѣта SD перпендикулярные къ плоскости AC. Лучи сіи упадутъ на плоскость BC подъ угломъ паденія въ 60°, и всѣ отразятся отъ оной въ сторону DO. Отъ чего глазъ O увидитъ изображеніе S′ онаго предмета за плоскостію BC какъ въ зеркалѣ.

На свойствѣ совершеннаго отраженія свѣта отъ внутреннихъ граней призмы, основывается устроеніе Волластоновой *Камеры люциды* (Camera lucida).

367. Лучь свѣта, вошедшій въ однородную средину,

движется въ оной по прямой линіи. Но если онъ вступаетъ въ средину, имѣющую *перемѣнную плотность*, то его направленіе можетъ измѣняться въ каждое мгновеніе, и путь, имъ описываемый, будетъ вообще какая нибудь кривая линія. Примѣръ такого дѣйствія представляетъ земная атмосфера, которой плотность постепенно увеличивается отъ верхнихъ ея слоевъ къ нижнимъ. Пусть TRR (фиг. 198) представляетъ земной шаръ, AMM его атмосферу. Лучь SA, идущій отъ какого ни есть свѣтила до поверхности атмосферы не преломляется, ибо пространство внѣ ея атмосферы можно щитать свободнымъ отъ вѣсомой матеріи: но вступая въ сію атмосферу преломляется въ ней тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе подходитъ къ поверхности земли, и описавъ кривую AT, приходитъ въ глазъ наблюдателя, который отъ сего видитъ свѣтило S въ S′, по направленію касательной TS′, проведенной къ концу T кривой AT. По сейто причинѣ, всѣ небесныя свѣтила, не находящіяся въ зенитѣ, кажутся намъ всегда выше, нежели какъ въ самомъ дѣлѣ находятся. Отъ сего же по утру мы усматриваемъ солнце прежде, нежели оно вступаетъ на видимый горизонтъ; а вечеромъ видимъ оное тогда, когда оно бываетъ уже подъ горизонтомъ. Сіе же преломленіе имѣетъ вліяніе на видимое положеніе и земныхъ весьма отдаленныхъ предметовъ. На прим. ежели станемъ измѣрять высоту какого нибудь зданія, посредствомъ *тригонометрическихъ способовъ*, изъ одного и того же отдаленнаго стана, то не всегда она найдется одинакою; потому что лучи свѣта, идущіе отъ сего зданія сквозь воздухъ, при каждомъ измѣреніи подвергаются различному преломленію.

368. Положимъ теперь, что какой нибудь предметъ S находится въ срединѣ, которой плотность постепенно уменьшается сверху внизъ (фиг. 199); то лучь свѣта SA, весьма косвенно переходящій изъ верхнихъ слоевъ въ нижніе, постепенно преломляется, и описываетъ кривую Ab, обращенную вверхъ своею вогнутостію, до нѣкоторой точки b, при коей уголъ паденія луча сдѣлается столь великъ, что его преломленіе превращается въ полное отраженіе. Послѣ чего отраженный лучь, переходя изъ рѣдчайшихъ слоевъ средины въ плотнѣйшіе, опишетъ другую часть bO кривой, симметрическую съ первой. Глазъ, находящійся въ точкѣ O будетъ видѣть предметъ S по направленію луча SO, а подъ нимъ еще увидитъ его превратное изображеніе S′, по направленію касательной OS′.

Такого рода явленіе и въ большемъ и маломъ видѣ замѣчается въ нашей атмосферѣ, и извѣстно подъименемъ *зеркальности воздуха* (mirage, Luftspigelung). Оно часто случается въ песчаныхъ степяхъ Африки и Азіи, на морѣ, и даже во многихъ другихъ мѣстахъ при благопріятныхъ обстоятельствахъ, и происходитъ въ самую тихую погоду вскорѣ послѣ возхожденія солнца. Ибо въ сіе время лучи солнечные начинаютъ сильно и скоро нагрѣвать поверхность степи; слой воздуха къ ней прикасающійся нагрѣваясь получитъ большую упругость, но меньшую плотность. Тогда снизу вверхъ сія плотность будетъ увеличиваться до нѣкоего предѣла, далѣе коего она опять начнетъ уменьшаться. Лучи свѣта, весьма косвенно идущіе отъ отдаленныхъ предметовъ, описываютъ въ нижнемъ слоѣ воздуха кривыя линіи, какъ видѣли на фиг. 199. Въ сіе время, по причинѣ отраженія лучей свѣта отъ нижняго слоя

воздуха, земля представляется затопленною всеобщимъ наводненіемъ; разные предметы, даже цѣлыя селенія кажутся стоящими посреди воды. Подъ каждымъ предметомъ видится его превратное изображеніе, какъ посреди тихаго озера. Предметы, видимые въ большой отдаленности, отъ дѣйствія преломленія свѣта кажутся возвышеннѣе и ближе къ наблюдателю; но по мѣрѣ приближенія къ онымъ, предѣлъ сего наводненія удаляется. Оный призракъ не рѣдко бываетъ мучителенъ для армій въ безводныхъ степяхъ; ибо онъ имѣетъ видъ воды, когда въ ней имѣется крайняя нужда (Монжъ).

369. *Теорія преломленія.* — Для изъясненія преломленія свѣта въ *теоріи волненія* весьма естественно допускается, что свѣтородный эѳиръ между частицами вѣсомыхъ тѣлъ имѣетъ большую густоту, нежели тотъ, который находится въ пространствахъ, свободныхъ отъ вѣсомой матеріи; и что густота его въ различныхъ тѣлахъ, сообразно ихъ природѣ, бываетъ различна. По сему, когда дрожательное движеніе *свободнаго эѳира* достигаетъ до поверхности тѣла, и передается эѳиру въ немъ содержащемуся, то *его скорость распространенія въ ономъ тѣлѣ дѣлается менье;* отъ сего лучь свѣта необходимо перемѣняетъ свое направленіе, приблизившись къ перпендикуляру паденія, такъ какъ сіе было изъяснено въ теоріи звука (301). Весьма также естественно думать что густота эѳира въ тѣлахъ рѣдчайшихъ менѣе густоты онаго въ тѣлахъ плотнѣйшихъ: слѣдственно лучь свѣта, переходя изъ рѣдчайшей средины въ плотнѣйшую, въ сей послѣдней также долженъ приблизиться къ перпендикуляру паденія. Аналитическій разборъ преломленія

по оной теоріи см. въ Die Naturlehre v. Baumgartner. Supplementband. St. 522.

Въ системѣ истеченія для изъясненія преломленія свѣта допускаютъ, что *матерія вѣсомыхъ тѣлъ обнаруживаетъ на частички свѣта притяженіе, которое дѣйствуетъ при поверхности всякаго тѣла перпендикулярно къ оной, и при томъ на непримѣтныхъ разстояніяхъ;* всякая же частичка свѣта предполагается одаренною двумя разнородными полюсами, изъ коихъ однимъ она можетъ отталкиваться отъ поверхности тѣлъ, а другимъ къ ней притягиваться, подобно тому, какъ сіе представляютъ цѣльныя частицы магнита. По сему, когда свѣтъ падаетъ на поверхность тѣла, то его частички, обращенные къ сей поверхности полюсами отталкиванія, получатъ отраженіе; частички же, приблизившіяся къ ней своими полюсами притяженія, войдутъ въ тѣло и въ немъ получатъ новое направленіе, слѣд. образомъ: Положимъ, что свѣтородная частичка приближается къ тѣлу ABCD (фиг. 201) со скоростію ab, которую мы представимъ разложенною на $ac \# AB$, и $ad \perp AB$; и пусть xz есть предѣлъ сферы примѣтнаго дѣйствія притягательной силы. Какъ скоро частичка свѣта вступаетъ въ оную сферу дѣйствія, то притягательныя силы начинаютъ ее отвлекать отъ направленія ab; сіе дѣйствіе будетъ еще продолжаться и внутри тѣла до нѣкоего предѣла pq, отстоящаго отъ AB на разстояніи радіуса сферы примѣтнаго притяженія. При семъ вертикальная скорость ad увеличится количествомъ dm; частичка свѣта, описавши кривую al, при точкѣ l будетъ со всѣхъ сторонъ равно притягиваться, и пойдетъ по прямой ll, касательной къ al, со скоростію an. Ко-

гда она достигнетъ предѣла $p'q'$, отстоящаго отъ поверхности CD на разстояніи радіуса сферы примѣтнаго притяженія, и будетъ удаляться отъ онаго; то будетъ ощущать постепенно большее притяженіе къ $p'q'$, нежели къ DC, и будетъ отклоняться отъ своего направленія ll', описывая кривую $l'a'$. Ежели DC ⌗ AB, то вертикальная скорость am будетъ уменьшаться точно такъ, какъ она увеличивалась при AB: слѣдственно частичка свѣта, вышедши изъ предѣла $x'z'$ сферы дѣйствія, потеряетъ весь избытокъ dm скорости, и съ прежними скоростями ac, ad начнетъ двигаться по прямой $a's'$, касательной къ $l'a'$.

Изъ треугольниковъ abd, amn имѣемъ

$$bd = ab.sin.bad = ab.\,sini,$$

$$bd = mn = an.\,sin.\,man = an.\,sinr\,;\ \text{откуда}$$

$$ab.\,sini = an.\,sinr,\ \text{или}\ \frac{sini}{sinr} = \frac{an}{ab} = n.$$

Какъ скорости ab, an постоянны, то и отношеніе между синусами угловъ паденія и преломленія также постоянно.

Чѣмъ косвеннѣе направленіе луча ll' будетъ къ поверхности DC, тѣмъ большая часть уменьшится скорости, перпендикулярной къ сей поверхности. Не трудно себѣ представить, что, при нѣкоторой наклонности луча ll', можетъ вся его перпендикулярная скорость уничтожиться, и тогда преломленіе превратится въ отраженіе.

370. Говоря о дѣйствіи непрерывныхъ силъ (44,4), мы видѣли, что *живыя силы* пропорціональны квадратамъ скоростей; слѣдственно дѣйствіе преломляющей силы будетъ $= an^2 - ab$. А какъ оное дѣйствіе прямо зависитъ отъ плотности d тѣла и его природы,

то необходимо должно быть

$$an^2 - ab^2 = d.m,$$

гдѣ m есть постоянное количество, зависящее отъ природы тѣла. А зная (369), что $an = n.ab$, или $an^2 = n^2.ab^2$, имѣемъ

$$d.m = ab^2 (n^2 - 1) \text{; откуда}$$

$$m = \frac{ab^2 (n^2 - 1)}{d}.$$

Сіе то количество и называется *преломляющею силою вещества* даннаго тѣла. Но поелику и въ семъ выраженіи находится постоянный множитель ab^2, который, при сравненіи преломляющихъ силъ, самъ собою исключается; то преломляющая сила пропорціональна дроби $\frac{n^2 - 1}{d}$.

Посему, принимая плотность воздуха за единицу, найдется его преломляющая сила $= 0{,}000589$; для водороднаго газа она $= \frac{0{,}000277}{0{,}0688}$. А принимая преломляющую силу воздуха за 1-цу, оная сила для водорода будетъ $= \frac{0{,}000277}{0{,}000589 \times 0{,}0688} = 6{,}767...$

Изъясненіе преломленія свѣта по теоріи истеченія подробно и ясно изложено въ Traité de physique, par I. B. Biot. tom 3, pag. 255. Paris. 1816.

О сферическихъ стеклахъ.

371. Изслѣдывать прохожденіе свѣта сквозь тѣла ограниченныя какими ни есть поворхностями есть дѣло математической оптики. Въ Физикѣ же разсматриваютъ только прохожденіе онаго сквозь сферическія стекла, ограниченныя съ двухъ сторонъ шаровыми

кривизнами; потому что онѣ имѣютъ употребленіе во многихъ полезнѣйшихъ оптическихъ орудіяхъ.

Такихъ стеколъ находится два рода. Къ первому относятся стёкла *двояко-выпуклыя*, *плоско-выпуклыя*, и *выпукло-вогнутыя* (фиг. 202; 1, 2, 3); а ко второму *двояко-вогнутыя*, *плоско-вогнутыя*, *и вогнуто-выпуклыя* (тамъ же 4, 5, 6). И какъ стекла перваго рода представляютъ существенно подобныя явленія, такъ какъ и стекла втораго рода; то и довольно будетъ разсмотрѣть явленія производимыя стекломъ *двояко-выпуклымъ* и стекломъ *двояко вогнутымъ*, чтобы можно было судить о дѣйствіи всѣхъ прочихъ.

372 Во всякомъ таковомъ стеклѣ находятся: два *центра* O, O *кривизны* шаровыхъ сегментовъ стекла (фиг. 203); *ось стекла* т. е. прямая OO′, воображаемая чрезъ сіи два центра; и *центръ* C *оптическій стекла*, въ которомъ всякая прямая ab, соединяющая концы двухъ параллельныхъ радіусовъ ao, bo', пересѣкаетъ ось. Сія послѣдняя точка находится на срединѣ mn только у стеколъ ограниченныхъ одинакими шаровыми сегментами; у всякаго же другаго стекла она отстоитъ отъ обѣихъ его поверхностей на разстояніяхъ mc, nc, обратно пропорціональныхъ радіусамъ кривизны.

Когда стекло употребляется для разсматриванія предметовъ, то его поверхность, обращенная къ предмету, называется *переднею*; а поверхность, обращенная къ глазу — *заднею*.

373. Каково бы ни было сферическое стекло, всегда лучь свѣта, падающій на оное по направленію оси его, проходитъ на сквозь не преломляясь; потому что на обѣ его поверхности падаетъ перпендикулярно.

374. Лучь свѣта Sa (фиг. 204), проходящій чрезъ центръ C стекла, всегда выходитъ изъ онаго по направленію bS' параллельному aS. Ибо въ семъ случаѣ радіусы ao, bo, проведенные къ точкамъ a, b входа и выхода, будутъ между собою параллельны (372); слѣдственно будутъ параллельны и касательныя плоскости въ оныхъ точкамъ проведенныя къ поверхности стекла. А по сему, по направленію ab, дѣйствіе стекла будетъ таково же, какъ если бы оно было ограничено параллельными плоскостями. Чѣмъ оное стекло тонѣе, и чѣмъ острѣе уголъ составляемый лучемъ Sa съ осью oo', тѣмъ незамѣтнѣе дѣлается отдаленіе луча $S'b$ отъ Sa. Для такихъ стеколъ, кои употребляются въ оптическихъ инструментахъ, допускаютъ безъ примѣтной погрѣшности, что *лучь свѣта, проходя чрезъ центръ стекла, не преломляется.*

Выпуклыя стекла (lentilles convexes).

375. Онѣ имѣютъ свойство собирать или сближать лучи свѣта, сквозь нихъ проходящіе.

1). Ежели на выпуклое стекло падаютъ лучи свѣта Sa, Sb, Sc параллельные оси OO' (фиг. 205), то они проходя сквозь оное, наклоняются къ оси и пересѣкаютъ оную. Ибо лучь Sa, вошедши въ стекло, приблизится къ перпендикуляру pao паденія (сей перпендикуляръ есть радіусъ ao, проведенный къ точкѣ паденія a); а выходя вонъ изъ стекла при точкѣ a', удалится отъ перпендикуляра паденія $p'a'o'$ (который также есть радіусъ $o'a'$, протянутый къ a'). Тоже самое произойдетъ и съ лучемъ Sb. Точки, въ коихъ пересѣкаются лучи свѣта, прошедшіе сквозь стекло, называются *фокусами.*

Ежели стекло велико, и имѣетъ большую кривизну; то параллельные лучи свѣта, ближайшіе къ оси, встрѣтятъ оную гдѣ нибудь въ F, далѣе отъ стекла; а лучи, постепенно удаляющіеся отъ оси, встрѣтятъ оную въ точкахъ f, f', ближайшихъ къ стеклу. Сверхъ сего каждые два послѣдовательные луча, пересѣкаясь между собою, опредѣлятъ своими пересѣченіями (фокусами) свѣтлую конондальную поверхность, которая называется *фокусною поверхностію* (caustique), и которая въ разрѣзѣ представляется въ видѣ двухъ кривыхъ линій Fk, Fk (фиг. 206).

Если же стекло не велико, и не имѣетъ значительной кривизны, то опытъ согласно съ теоріею показываетъ, что всѣ параллельные лучи свѣта, послѣ преломленія въ выпукломъ стеклѣ, пересѣкаютъ его ось примѣтно въ одной точкѣ F (фиг. 205). Сія точка называется *главнымъ фокусомъ*; а ея разстояніе Fm до стекла называется *главнымъ фокуснымъ разстояніемъ*. И какъ однѣ таковыя стекла представляютъ явственныя изображенія предметовъ, и единственно употребляются въ оптическихъ орудіяхъ; то объ нихъ собственно мы здѣсь и говорить будемъ.

2). Обратно лучи свѣта Fa', Fb', разходящіеся отъ свѣтящейся точки, поставленной въ главномъ фокусѣ, прошедши сквозь выпуклое стекло, дѣлаются параллельными его оси OO$'$. Это очевидно.

3). Лучи свѣта S$'a$, Sc (фиг. 207) сходящіеся, проходя сквозь выпуклое стекло, дѣлаются еще скорѣе сходящимися, и пересѣкаются между главнымъ фокусомъ F и стекломъ, въ точкѣ f. Ибо, проведя лучь Sa параллельный оси къ той же точкѣ паденія, и перпендикуляръ паденія paO, откроется, что лучь S$'a$ внѣ стек-

ла идетъ выше луча Sa; слѣдственно внутри стекла онъ будетъ имѣть направленіе ar ниже направленія aa' сего послѣдняго, слѣдовательно и проч.

4). Обратно : лучи свѣта fc, fr, разходящіеся отъ свѣтящейся точки f, поставленной между главнымъ фокусомъ и стекломъ, прошедши сквозь оное, дѣлаются менѣе разходящимися по направленіямъ cS, aS'. Они не образуютъ фокусовъ по другую сторону стекла; впрочемъ, если ихъ мысленно продолжить назадъ, то они пересѣкутся въ какой ни есть точкѣ f', называемой *мнимымъ* или *отрицательнымъ фокусомъ*.

5). Лучи свѣта Sa, Sc (фиг. 208) расходящіеся отъ свѣтящейся точки S, поставленной на оси, далѣе главнаго фокуса F', проходя сквозь выпуклое стекло, дѣлаются сходящимися, и пересѣкаются въ точкѣ f, лежащей далѣе втораго главнаго фокуса F; ибо очевидно, что сіи лучи немогутъ сдѣлаться ни параллельными, ни разходящимися.

Ежели предположить, что свѣтящаяся точка S довольно удалена отъ выпуклаго стекла, тогда и преломленный лучъ aa', будучи продолженъ, пересѣчетъ ось стекла въ какой нибудь точкѣ f'. При таковомъ расположеніи не трудно уже найти приближенное отношеніе между разстояніемъ mS свѣтящейся точки, разстояніемъ nf сопряженнаго фокуса, радіусами mo, no' кривизны стекла, и показателемъ преломленія n. Для сего имѣемъ

$$\text{Sin}.Sap = n.\text{Sin}.oaf'; \; \text{Sin}.fa'p' = n.\text{Sin}.aa'o'.$$

Для стеколъ, употребляемыхъ въ оптическихъ орудіяхъ, углы сіи бываютъ всегда весьма малы; слѣдственно вмѣсто синусовъ можно взять самые углы

$$n.oaf' = Sap \; ; \; n.aa'o' = fa'p'$$

или $n(aom - f') = S + aom$

$n(a'o'm + f') = a'fn + a'o'm.$

Сложивъ сіи два уравненія, получимъ

$n.aom + n.a'o'm = S + aom + a'fn + a'o'm$, или

$(n-1)aom + (n-1)a'o'm = S + a'fn$;

или, взявъ тангенсы вмѣсто ихъ угловъ, получимъ

$$(n-1)\frac{am}{mo} + (n-1)\frac{a'n}{no'} = \frac{am}{Sm} + \frac{a'n}{fn}$$

Но поелику am почти равно $a'n$, то, исключивъ сего общаго множителя, найдется

$$\frac{n-1}{mo} + \frac{n-1}{no'} = \frac{1}{Sm} + \frac{1}{fn}, \text{ или}$$

$$(A) \ldots\ldots \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f},$$

полагая $mo = R$, $no' = R'$, $mS = D$, $fn = f$.

Сія формула есть общая для всѣхъ сферическихъ стёколъ.

Для симметрическаго стекла радіусъ $R = R'$; слѣдственно

$$\frac{2(n-1)}{R} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f} \ldots, \ldots . (B).$$

Полагая $R' = \infty$, получится *уравненіе для стекла плоско-выпуклаго*

$$\frac{n-1}{R} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f} \ldots\ldots (C)$$

Сими-то формулами опредѣляется длина главнаго фокуснаго разстоянія. Для сего вообразимъ свѣтящуюся точку, удаленною въ безконечность, полагая $D = \infty$, тогда лучи Sa, Sm сдѣлаются параллельными, и будетъ $\frac{1}{D} = o$. Слѣдственно, *для симметрическаго стекла двояко-выпуклаго* найдется главное фокусное разстояніе

$$F = \frac{R'}{2(n-1)};$$

а *для стекла плоско-выпуклаго*

$$F' = \frac{R}{n-1} = 2F.$$

А какъ оптическія стекла дѣлаются преимущественно изъ зеленоватаго зеркальнаго стекла, для коего $n = \frac{17}{11}$; то въ двояко-выпукломъ стеклѣ $F = \frac{11}{12}R$, а въ плоско-выпукломъ $F' = \frac{11}{6}R$.

Если въ уравненія (B) и (C) ввести главныя фокусныя разстоянія, то онѣ сдѣлаются

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f} \text{ и } \frac{1}{F'} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f}$$

6). Ежели поставимъ какой нибудь предметъ *ab* между главнымъ фокусомъ F и выпуклымъ стекломъ (фиг. 209), и будемъ разсматривать оный сквозь стекло; то увидимъ его изображеніе въ большемъ видѣ, въ прямомъ положеніи, и далѣе отъ стекла. Для удостовѣренія въ семъ, расположимъ предметъ *ab* перпендикулярно къ оси FF, и при томъ такъ, чтобы онъ дѣлился ею по поламъ; возмемъ отъ его верхней точки *a* два луча *am*, *ac*, изъ коихъ одинъ параллельный оси стекла, а другой проходящій чрезъ его центръ: первый послѣ преломленія пройдетъ чрезъ главный фокусъ F, а второй пройдетъ не преломляясь. Лучи сіи сдѣлаются менѣе разходящимися, придутъ въ глазъ зрителя, который отъ сего увидитъ точку *a* въ A, гдѣ сіи лучи пересѣкаются, будучи продолжены назадъ. Такимъ же образомъ найдется для точки *b* ея изображеніе B, а слѣдственно и все изображеніе AB предмета *ab*, которое очевидно болѣе самаго предмета, и далѣе находится отъ стекла. Посему-то оные стекла называются *увеличительными* или *простыми микроскопами*.

Точка H есть изображеніе для точки *h*, или отри-

цательный ея сопряженный фокусъ : посему, разстояніе HC предмета до стекла найдется по формулѣ.

$$\frac{2(n-1)}{R} = \frac{1}{HC} + \frac{1}{hC},$$

а величина изображенія AB найдется потомъ изъ пропорціи $AB : ab = HC : hC$ (ибо $\triangle ABC \backsim \triangle abC$).

7). Ежели предметъ *ab* будемъ приближать къ главному фочусу F, то его изображеніе AB будетъ увеличиваться и удаляться. Наконецъ, ежели предметъ поставить въ самомъ фокусѣ F, то его изображеніе сдѣлается невидимымъ; потому что лучи свѣта, разходящіеся отъ фокуса, прошедши сквозь стекло, дѣлаются параллельными.

8). Ежели предметъ *ab* поставить далѣе фокуса F (фиг. 260), то его изображеніе AB составится по другую сторону стекла, и будетъ всегда *превратное*. Величина же его будетъ различна, именно : Когда разстояніе

$nC < 2FC$, то $NC > nC$, и $AB > ab$;
ежели $nC = 2FC$, то $NC = nC$, и $AB = ab$;
ежели $nC > 2FC$, то $NC < nC$, и $AB < ab$.

Сіе свойство выпуклаго стекла послужило къ устроенію Камеры обскуры, Камеры клары, Шарлева мегаскопа, солнечнаго микроскопа, и волшебнаго фонаря (*).

(*) *Камера обскура* состоитъ изъ деревяннаго, внутри вычерненнаго ящика ABCDEF (фиг. 211), у коего передняя сторона *не* имѣетъ стѣнки, и закрывается чернымъ сукномъ GH; изъ плоскаго зеркала AC, наклоненнаго къ горизонту подъ угломъ въ 45°; изъ выпуклаго стекла *mn*, имѣющаго свой фокусъ на днѣ ящика, и вставленнаго горизонтально подъ плоскимъ зеркаломъ въ отверстіи нароч-

9). Чѣмъ болѣе предметъ ab удалится отъ стекла, тѣмъ болѣе изображенie АВ приблизится къ его фокусу F, и тѣмъ оно сдѣлается менѣе. Наконецъ, ежели ab удалится чрезмѣрно далеко отъ стекла, то его изображенie АВ сольется съ фокусомъ F параллель-

---

но для сего сдѣланномъ. Лучи свѣта, идущie отъ отдаленныхъ предметовъ, падаютъ на плоское зеркало, отъ коего отразившись проходятъ сквозь выпуклое стекло, и пересѣкаясь на бѣлой бумагѣ, положенной на днѣ ящика, представляютъ на оной изображенie тѣхъ предметовъ. Сей приборъ служитъ для срисовыванiя видовъ, портретовъ и проч.

Камера клара есть только измѣненie Камер-обскуры. Она состоитъ изъ четыре-угольнаго ящика ABCD (фиг. 212), выпукло-вогнутаго стекла, имѣющаго свой фокусъ въ $a'b'$ изъ плоскаго зеркала mn, наклоненнаго къ оси стекла подъ угломъ 45°, и изъ матоваго стекла $a''b''$, вставленнаго горизонтально въ верхней стѣнкѣ ящика. Лучи свѣта, идущie отъ отдаленнаго предмета ab, прошедъ сквозь стекло, составили бы въ $a'b'$ превратное изображенie сего предмета; но бывъ отражены зеркаломъ, они составляютъ сie изображенie на матовомъ стеклѣ, гдѣ оное можно сверху явственно видѣть и срисовывать.

Мегаскопъ Шарлевъ состоитъ изъ одного большаго выпуклаго стекла, вставленнаго въ перегородкѣ MN темной комнаты MNPQ (фиг. 210). Внѣ сей комнаты, не много далѣе главнаго фокуса F стекла ставится небольшой предметъ ab въ превратномъ положенiи, и весьма сильно освѣщается лампами и вогнутыми зеркалами: тогда лучи свѣта, идущie отъ сего предмета сквозь стекло и составляютъ въ темной комнатѣ прямое и увеличенное изображенie АВ предмета, которое для срисовыванiя принимаютъ на бѣлую бумагу.

Солнечный микроскопъ, изобрѣтенный Либеркиномъ,

ныхъ лучей; ибо отъ такого предмета будутъ приходить на стекло лучи параллельные.

376. Сіе самое дѣйствіе употребляется для нахожденія длины фокуснаго разстоянія выпуклаго стекла. Для сего направляютъ ось стекла къ центру солнца, и ищутъ посредствомъ лоскутка бумаги ту точку, въ которой пересѣкаются лучи свѣта, прошедшіе сквозь стекло: сія точка будетъ изображеніе солнца, сливающееся съ главнымъ фокусомъ стекла; а измѣривъ ея разстояніе до стекла, получимъ главное фокусное разстояніе. Въ сей точкѣ обнаруживается какъ сильный свѣтъ, такъ вмѣстѣ и сильный жаръ, способный зажи-

---

только тѣмъ различается отъ мегаскопа, что служитъ для разсматриванія весьма малыхъ предметовъ. Онъ состоитъ изъ плоскаго зеркала BD (фиг. 213), и двухъ выпуклыхъ стеколъ C и E, вставленныхъ въ двѣ отдѣльныя трубки. Сей микроскопъ вставляется въ окно темной комнаты, такъ чтобы зеркало AB находилось внѣ, а оба стекла были обращены внутрь комнаты. Зеркало располагается такъ, чтобы на него падали солнечные лучи, и отражались въ трубку микроскопа. Первое стекло C служитъ для сгущенія оныхъ лучей, и для освѣщенія оными предмета *ao*, поставленнаго немного далѣе главнаго фокуса *f* стекла E. Отъ освѣщеннаго предмета идущіе лучи, проходя сквозь стекло E, составляютъ въ темной комнатѣ изображеніе AO въ большомъ видѣ и въ превратномъ положеніи. Сіе изображеніе для разсматриванія принимаютъ на натянутое полотно.

Волшебный фонарь есть тотъ же солнечный микроскопъ; только въ немъ для освѣщенія предмета *ao* ставится передъ стекломъ C лампа, и весь приборъ заключается въ жестяномъ ящикѣ.

гать горючія тѣла. Посему-то оныя стекла называются *зажигательными.*

377. Ежели выпуклое стекло желаютъ употребить для произведенія величайшаго искусственнаго жара; то даютъ ему поперечную длину отъ 2 до 3 футовъ, и такое же фокусное разстояніе, или немного болѣе. Дѣйствіе онаго стекла бываетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ шире его поверхность, и чѣмъ менѣе то пространство, въ которое собирается солнечный свѣтъ проходящій сквозь оное стекло. Ежели фокусъ находится слишкомъ далеко отъ стекла, то его дѣйствіе бываетъ слабо. Обыкновенно въ семъ случаѣ ставятъ второе выпуклое стекло на нѣкоторомъ разстояніи отъ перваго, и посредствомъ его собираютъ свѣтъ въ меньшее пространство; отъ чего оное стекло и называютъ *собирательнымъ.*

Столь огромныя выпуклыя стекла были дѣланы *Чиригаузеномъ* и *Перкеромъ*; дѣйствія же ими производимыя были несравненно сильнѣе вогнутыхъ зеркалъ Чиригаузена и Вильета. Онѣ въ своемъ фокусѣ плавили золото, платину (въ 3'' времени), никкель, кварцъ, баритъ, лаву, гранатъ, изумрудъ, яшму, чистую глину, известковые камни, и проч. См. въ Traité pratique de Chimie, par S. F. Gray. Tom. 1. pag. 272, et suiv. Замѣчательно, что лунный свѣтъ, собранный стекломъ Перкера, не показалъ ни малѣйшаго возвышенія температуры.

378. Къ числу зажигательныхъ стеколъ принадлежатъ составныя *ступенчатыя стекла* (lent. en échelons), выдуманныя Док. *Брюстеромъ.* Такое стекло состоитъ изъ плоско-выпуклаго стекла *mm* (фиг. 214), которое по краямъ окружено нѣсколькими кольцеоб-

разными плоско-выпуклыми стеклами aba', $a'b'a''$, имѣющими матовыя цилиндрическія поверхности ab, $a'b'$.. Всѣ сіи стекла имѣютъ такую кривизну, что свѣтъ проходящій сквозь нихъ параллельно оси, собирается въ одинъ фокусъ. Ступенчатое стекло не имѣетъ столь великихъ трудностей для своего обработыванія какъ предъидущія; сверхъ сего оно можетъ быть сдѣлано гораздо большаго діаметра, не имѣя значительной толстоты, и можетъ еще сильнѣе дѣйствовать. — Теперь оныя стекла, по совѣту Френеля, употребляются для устроенія маяковъ; тамъ онѣ ставятся кругомъ лампы, и распространяютъ ея свѣтъ верстъ на 50 и болѣе.

Вогнутыя стекла (lentilles concaves).

379. Онѣ имѣютъ свойство разсѣявать или отдалять проходящіе сквозь нихъ лучи свѣта.

1). Ежели на двояко-вогнутое стекло MN (фиг 215) падаютъ лучи свѣта Sa, Sb, Sc, параллельные его оси OO', то, опредѣляя ихъ углы паденія и преломленія, найдется, что они проходя сквозь стекло дѣлаются разходящимися по направленіямъ a'S', b'S', слѣдственно не производятъ фокусовъ. Только ежели сіи лучи продолжить назадъ, то они пересѣкутъ ось стекла въ точкѣ F, которую называютъ главнымъ *отрицательнымъ фокусомъ*. Въ симметрическомъ двояко-вогнутомъ стеклѣ фокусное разстояніе Fc = $\frac{11}{12}$ радіуса кривизны, а въ стеклѣ плоско-вогнутомъ оно = $\frac{11}{6}$ радіуса.

2) Обратно : сходящіеся лучи свѣта S'a', S'b', падающіе на вогнутое стекло и направленные прямо къ его главному фокусу F, прошедши сквозь оное, дѣлаются параллельными оси. Это очевидно.

3) Лучи свѣта Sa, Sc (фиг. 216), разходящіеся отъ свѣтящейся точки S, взятой на оси вогнутаго стекла, проходя сквозь оное, дѣлаются еще болѣе разходящимися, и, бывъ продолжены назадъ, пересѣкаются въ точкѣ f между главнымъ фокусомъ и стекломъ.

Отношеніе между разстояніемъ SC свѣтящейся точки, разстояніемъ fc сопряженнаго фокуса, радіусами R, R′ кривизны стекла, и показателемъ преломленія n выражается формулою (A), стр. 47, ч. II; только въ ней надлежитъ взять радіусы отрицательными, потому что у вогнутаго стекла кривизны сегментовъ обращены въ противныя стороны сегментамъ выпуклаго стекла. Отъ чего получится

$$\frac{1}{D}+\frac{1}{f}=-\frac{(n-1)}{R}-\frac{(n-1)}{R'}.$$

4). Ежели сквозь вогнутое стекло смотрѣть на какой нибудь предметъ AB (фиг. 217), то увидимъ его изображеніе ab въ меньшемъ видѣ, въ прямомъ положеніи и ближе къ стеклу. Для удостовѣренія въ семъ, возмемъ отъ верхней точки предмета два луча An, AC, изъ коихъ одинъ направленъ къ главному фокусу F, а другой идетъ черезъ центръ C стекла: первый лучь послѣ преломленія сдѣлается параллеленъ оси, а второй не преломится. Ежели сіи лучи придутъ въ глазъ зрителя, то онъ увидитъ изображеніе точки A въ a, гдѣ оные лучи пересѣкаются, будучи продолжены назадъ. Такимъ же образомъ найдется изображеніе b точки B, а слѣдственно и все изображеніе ab предмета.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О разложенiи свѣта.

380. До селѣ мы разсматривали преломленiе такого свѣта, посредствомъ коего свѣтящiяся и освѣщаемыя тѣла кажутся намъ бѣлыми; теперь слѣдуетъ разсмотрѣть свойства тѣхъ отличiй свѣта, дѣйствiемъ коихъ предметы представляются намъ цвѣтными. Точныя наблюденiя показываютъ что всѣ сiи отличiя свѣта суть части изъ коихъ составляется бѣлый солнечный свѣтъ: но чтобы увѣриться въ сей важной истиннѣ, то разсмотримъ слѣдующiе опыты, коими обязаны мы славному испытателю природы — Ньютону.

381. Сдѣлаемъ въ окнѣ темной комнаты малое круглое отверстiе, и сквозь оное пропустимъ цилиндрическiй пучокъ свѣта *Sa* (фиг. 218); то онъ, упавши на бѣлую стѣну MN, или еще лучше на бѣлую вертикальную доску, представитъ на оной бѣлое и круглое изображенiе *m* солнца. Но ежели сей лучь примемъ перпендикулярно на стеклянную трехугольную призму ABC; то онъ, преломившись въ ней два раза, выйдетъ вонъ въ видѣ вѣера или продолговатаго конуса *a*RY; ибо на плоскости MN представится продолговатое изображенiе RV, сверху и снизу округленное, а съ боковъ ограниченное параллельными линiями. Поперечная ширина его равняется дiаметру прежняго изображенiя *m*; длина же его зависитъ отъ угла паденiя луча *Sa*; отъ величины преломляющаго угла призмы, и отъ природы вещества призмы.

Наибольшая длина его получается при наибольшемъ отдаленiи преломленныхъ лучей отъ ихъ начальнаго

направленія *am*. Въ семъ изображеніи можно усмотрѣть семь отличительныхъ цвѣтовъ, кои, *считая отъ преломляющаго угла* A, идутъ въ слѣдующемъ порядкѣ:

красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій, и фіолетовый.

Цвѣты сіи расположены въ видѣ поперечныхъ полосъ, но не раздѣляются явственными предѣлами, а не примѣтнымъ образомъ переходятъ отъ одного къ другому чрезъ безчисленное множество промежутныхъ оттѣнковъ. Впрочемъ сіи цвѣты покажутся гораздо однороднѣе и раздѣльнѣе, когда пучокъ свѣта *Sa* примемъ сперва на выпуклое стекло, въ разстояніи 10 или 12 футовъ отъ отверстія окна, а потомъ на трехъугольную призму, сдѣланную изъ хорошаго флинтгласа, у которой преломляющій уголъ былъ бы въ 60°.

Сей опытъ приводитъ насъ къ заключенію, 1) что бѣлый солнечный свѣтъ состоитъ по крайней мѣрѣ изъ семи разнородныхъ лучей, способныхъ производить на нашъ глазъ особенныя дѣйствія, и возбуждать въ насъ особенныя ощущенія, *цвѣтами* называемыя; 2) что сіи лучи имѣютъ различную степень преломчивости, ибо красные лучи менѣе удаляются отъ своего начальнаго направленія *am*, оранжевые болѣе, и такъ далѣе по порядку до фіолетоваго, который сильнѣе всѣхъ преломляется; 3) что солнечный свѣтъ, по причинѣ различной преломчивости его лучей, раздѣляется на свои разнородныя части. Посему-то Ньютонъ и назвалъ сіе дѣйствіе *разложеніемъ свѣта*.

382. Семь упомянутыхъ разнородныхъ лучей, на кои раздробляется дневной свѣтъ, Ньютонъ назвалъ *простыми* или *перво-начальными* (couleurs simples); ибо

каждый изъ нихъ отъ дѣйствія преломленія не разлагается на иные цвѣтные лучи, сохраняетъ одну и туже степень преломчивости, и отъ новыхъ преломленій не теряетъ свойства возбуждать въ нашемъ глазѣ ощущеніе одного и того же цвѣта. Въ самомъ дѣлѣ, ежели въ темной комнатѣ, разложимъ лучь свѣта Sa стеклянною трехугольною призмою; примемъ его цвѣтное изображеніе на перегородку TT, въ которой сдѣлано малое отверстіе a'; пропустимъ сквозь оное одинъ лучь красный, и примемъ его на вторую стеклянную призму: то увидимъ, что онъ ею преломится, но не раздѣлится на цвѣтные лучи; ибо на подставленной бумагѣ NN покажется малое круглое изображеніе краснаго цвѣта. Поворачивая призму ABC такъ, чтобъ сквозь отверстіе a' могъ пройти каждый изъ цвѣтныхъ лучей, найдется, что ни одинъ изъ нихъ не разложится на другіе цвѣтные лучи: только лучи красные всегда будутъ преломляться менѣе всѣхъ, а фіолетовые — болѣе всѣхъ.

383. Для повѣренія того, что каждый простой лучь цвѣтнаго изображенія имѣетъ постоянную преломчивость, дѣлаютъ слѣдующій опытъ. Разлагаютъ лучь свѣта горизонтальною стеклянною призмою ABC (фиг. 220), и принимаютъ его цвѣтное изображеніе RV на полотно, натянутое на рамѣ. Потомъ берутъ вторую трехугольную призму DE, сдѣланную изъ того же стекла, и съ такимъ же преломляющимъ угломъ; ставятъ оную вертикально подлѣ призмы ABC, и принимаютъ на нее всѣ разнородные лучи, идущіе изъ ABC, подъ тѣмъ же угломъ: тогда дѣйствіемъ втораго преломленія изображеніе VR перемѣстится въ V'R'. Давъ натянутому полотну такое положеніе, чтобы изображеніе

R'V' было на столько отдалено отъ призмы DE, на сколько изображеніе RV отъ призмы ABC, откроется, что линія R'V' проходитъ чрезъ точку S, въ которой неразложенный лучь встрѣчаетъ полотно, и что трехугольникъ SVV' будетъ прямой при точкѣ V и равнобедренный; слѣдственно будетъ разстояніе VV' = SV, RR' = SR. А это и доказываетъ, что вторая призма точно также преломляетъ разнородные лучи, какъ и первая.

384. Мы видѣли (366), что лучь свѣта, выходя изъ плотнѣйшей средины въ рѣдчайшую имѣетъ предѣлъ преломленія, далѣе коего преломленіе превращается въ отраженіе, и что сей предѣлъ получится тѣмъ при меньшемъ углѣ паденія, чѣмъ сильнѣе онъ преломляется: сему же закону слѣдуютъ и разнородные лучи свѣта, какъ видно изъ слѣдующаго опыта. Возмемъ стеклянную трехугольную призму ABC, у которой уголъ A есть прямой (фиг. 221), а углы B и C въ 45°, и примемъ на плоскость AC лучь свѣта SM. Сей лучь дойдетъ до плоскости BC не преломляясь, и при точкѣ M часть онаго отразится по направленію MD перпендикулярному къ AB, и также выйдетъ вонъ изъ призмы не преломляясь; другая же часть его пройдетъ сквозь плоскость BC, и разложившись, представитъ цвѣтное изображеніе VR. Если поворотить немного призму въ сторону ABC, то лучь SM и внутри призмы разложится на цвѣтные лучи, и отъ плоскости BC первый отразится лучь фіолетовый, потомъ синій и т. д., и послѣ всѣхъ красный. Это въ семъ опытѣ бываетъ весьма очевидно: ибо въ изображеніи VR исчезнетъ сперва цвѣтъ фіолетовый, и покажется въ V'R', потомъ синій, и т. д., и наконецъ красный.

Сіе свойство лучей свѣта изъясняетъ намъ, отъ чего атмосфера кажется намъ голубаго цвѣта.

385. Промежутки, занимаемые каждымъ цвѣтомъ, составляющимъ цвѣтное изображеніе, во все не равны между собою. Ньютонъ, измѣривши оныя съ великою точностію, открылъ, что если длину всего изображенія означить числомъ 360, то пространства, занимаемыя цвѣтными полосами, *начиная съ фіолетовой*, будутъ

80, 40, 60, 60, 48, 27, 45.

386. Опредѣляя показателей преломленія для разнородныхъ лучей, при переходѣ изъ воздуха въ обыкновенное стекло, Ньютонъ нашелъ, что показатель

для красныхъ лучей..	= 1,54	до	1,5425
оранжевыхъ.........	1,5425	до	1,544
желтыхъ..........	1, 544	—	1,54667
зеленыхъ...........	1,54667	—	1,55
голубыхъ...........	1,55	—	1,55333
синихъ.............	1,55333	до	1,55555
фіолетовыхъ........	1,5555	—	1,56.

Изъ сего видно, что *зеленые лучи* занимаютъ почти средину цвѣтнаго изображенія, и имѣютъ среднюю преломчивость между самыми крайними; они собственно и должны называться *лучами средней преломчивости*. Впрочемъ къ таковымъ лучамъ причисляются и желтые, коихъ средній показатель преломленія $= \frac{17}{11} =$ 1,5454. Для сихъ-то собственно лучей и были опредѣлены показатели преломленія, означенные выше на стр. 29, ч. II.

387. Ежели принять цвѣтное изображеніе на предметное стекло хорошаго ахроматическаго телескопа, и разсмотрѣть оное; то увидимъ, что его поверх-

ность покрыта многочисленными прямыми линіями и полосами темными и цвѣтными, параллельными между собою, и перпендикулярными къ длинѣ изображенія. Сіе важное наблюденіе сдѣлано славнымъ Баварскимъ художникомъ *Фрауенгоферомъ*. Упомянутыя линіи всегда представляются въ одномъ и томъ же порядкѣ, изъ какого бы вещества призма ни состояла, и каковъ бы ни былъ ея преломляющій уголъ; только свѣтъ, употребляемый для опыта отъ различныхъ свѣтящихся тѣлъ (напр. свѣтъ различныхъ звѣздъ, свѣтъ электрическій) даетъ имъ нѣкоторое измѣненіе. Воспользовавшись оными линіями цвѣтнаго изображенія, Фрауенгоферъ съ великою точностію опредѣлилъ показателей преломленія для главныхъ линій, находящихся въ семи цвѣтныхъ полосахъ.

	Показатели преломленія въ отношеніи		
	къ водѣ,	*кровнгласу,*	*флинтгласу.*
Красный.....	1,3310	1,5258	1,6277
Оранжевый...	1,3317	1,5268	1,6297
Желтый	1,3336	1,5296	1,6350
Зеленый.....	1,3358	1,5330	1,6420
Голубой.....	1,3378	1,6360	1,6483
Синій	1,3413	1,5417	1,6603
Фіолетовый..	1,3442	1,5466	1,6711

Въ сихъ опытахъ употреблены были призмы изъ самаго чистаго стекла, имѣющія вѣрное устроеніе и лучшую полировку. Уголъ призмы изъ флинт-гласа былъ въ 26° 24′ 30″, а относительный ея вѣсъ былъ 3,723; призма изъ кровн-гласа имѣла относит. вѣсъ, 2,535, и преломляющій уголъ въ 39° 20′ 35″; а уголъ третьей призмы былъ въ 58° 5′ 40″.

388. Замѣтить должно, что цвѣтное изображеніе не всегда имѣетъ семь начальныхъ цвѣтовъ; потому что солнечный свѣтъ получаетъ различныя измѣненія проходя сквозь атмосферу. Въ полдень, когда небо чисто, сіе изображеніе бываетъ обыкновенно полное. Но утромъ и вечеромъ, или въ пасмурную погоду, въ немъ можетъ недоставать лучей синихъ и фіолетовыхъ. Иногда въ немъ также не бываетъ лучей голубыхъ, зеленыхъ и даже желтыхъ, когда кругъ солнца близъ горизонта кажется краснованаго цвѣта. Свѣтъ отъ свѣчи рѣдко производитъ полное цвѣтное изображеніе.

389. *Величина свѣто-разсѣянія* (dispersion de la lumière) опредѣляется угломъ, который составляютъ между собою лучи красные и фіолетовые, служащіе предѣлами цвѣтному солнечному изображенію. Ежели лучь свѣта Sa (фиг. 222), вышедши изъ стекла въ воздухъ, раздѣляется на цвѣтные лучи въ пространствѣ var; то уголъ var и служитъ мѣрою свѣто-разсѣянія. Впрочемъ свѣто-разсѣяніе выражаютъ обыкновенно разностію между показателями n'', n', преломленія лучей фіолетовыхъ и красныхъ, какъ видно изъ слѣдующаго: пусть уголъ паденія $paS = i$, уголъ преломленія для лучей фіолетовыхъ $vap' = r'$, а для красныхъ $rap' = r$; слѣдственно свѣторазсѣяніе $= r' - r$. Ежели сіи углы не велики, то можно принять,

$$r' - r = \sin r' - \sin r.$$

но $\sin r' = n'' \sin i$, $\sin r = n' \sin i$; посему

$$r' - r = (n'' - n') \sin i.$$

390. Точные опыты *Доллонда*, *Цейгера*, *Біота*, *Брюстера* и другихъ, показали, что тѣла, сильнѣе преломляющія лучи свѣта, производятъ и большее свѣторазсѣяніе: но свѣторазсѣяніе, производимое различными

тѣлами, не бываетъ пропорціонально преломленію въ нихъ разнородныхъ лучей; т. е. что тѣла, производящія одинакое среднее преломленіе, не производятъ одинакаго свѣто-разсѣянія. Такимъ об. окиселъ свинца, введенный въ составъ стекла, весьма увеличиваетъ его свѣторазсѣяніе; онъ также увеличиваетъ и силу преломленія, но въ меньшемъ содержаніи. Лимонное масло и терпентинное, соленая кислота даютъ большее свѣторазсѣяніе, нежели стекло крови-гласъ, но переломляютъ менѣе. Знаменитый Ньютонъ счелъ, что разсѣяніе свѣта пропорціонально его преломленію; и сія ошибка имѣла весьма вредное вліяніе на усовершенствованіе оптическихъ инструментовъ.

391. Изъ предъидущаго не трудно усмотрѣть, что всякое тѣло имѣетъ *силу свѣторазсѣянія* (pouvoir dispersif) тѣмъ большую, чѣмъ болѣе уголъ свѣторазсѣянія, и чѣмъ менѣе уголъ отдаленія лучей средней преломчивости отъ начальнаго его направленія. Слѣдственно сила сія пропорціональна отношенію перваго угла къ послѣднему, т. е.

$$\frac{var}{sat}=\frac{r'-r}{p'as-i},\ (\text{фиг. } 222);$$

а ежели углы не велики, то она равняется

$$\frac{\sin r'-\sin r}{\sin p'as-\sin i}=\frac{(n''-n')\sin i}{(n-1)\sin i}=\frac{n''-n'}{n-1};$$

гдѣ n есть показатель преломленія для лучей as средней преломчивости, и слѣд. $\sin p'as = n.\sin i$.

Изъ таблицы Фрауенгофера (387) видно, что свѣторазсѣяніе, производимое водою, $= 1{,}2442 - 1{,}3310 = 0{,}0132$; а раздѣливъ оное на $n - 1 = 1{,}3358 - 1 = 0{,}3358$, получимъ въ частномъ числѣ 0,0361 выраженіе для *разсѣявательной силы* воды. Вотъ еще нѣкоторые выводы изъ опытовъ Брюстера:

	Сила разсѣяват.	*Разсѣяніе.*
Хромовокислый свинецъ.....	0,400	0,770
Фосфоръ..................	0,128	0,156
Флинт-гласъ..............	0,053	0,026
Крови-гласъ..............	0,033	0,018
Горный хрусталь..........	0,026	0,014
Углеродистая сѣра.........	0,115	0,077
Оливковое масло...........	0,038	0,018
Чистый винный спиртъ....	0,029	0,011
Сѣрная кислота	0,031	0,014 и пр.

392. Опыты показали, что *въ двухъ цвѣтныхъ изображеніяхъ, пространства, занимаемыя одпѣми и тѣми же цвѣтами, не пропорціональны длинамъ ихъ изображеній.* Сіе свойство называется *ирраціональностію* свѣторазсѣянія. На прим. ежели произвести два изображенія, одно посредствомъ кассіева масла, а другое посредствомъ сѣрной кислоты, и дать симъ изображеніямъ одинакую длину; то увидимъ, что цвѣты красный, оранжевый и желтый менѣе занимаютъ пространства въ первомъ цвѣтномъ изображеніи, нежели во второмъ: противное же сему произойдетъ съ лучами голубыми, синими и фіолетовыми. Изъ опытовъ Брюстера видно, что многія тѣла представляютъ таковыя несоразмѣрности.

393. *Совокупленіе свѣта.* И такъ, ежели солнечный свѣтъ состоитъ изъ семи простыхъ разнородныхъ лучей, то обратно, совокупляя оные лучи вмѣстѣ, долженъ опять получиться бѣлый цвѣтъ. И въ самомъ дѣлѣ, ежели лучь S*a* (фиг. 223) разложить призмою ABC, и всѣ его цвѣтные лучи пропустить сквозь выпуклое стекло, то оно соберетъ ихъ въ одну точку *o*, оз-

торая на бѣлой бумагѣ будетъ казаться совершенно бѣлою. Впрочемъ, ежели бумагу отнести далѣе, то на ней появится снова цвѣтное изображеніе, только цвѣты его будутъ расположены въ обратномъ порядкѣ тому, которой они имѣли до точки *о*. А сіе показываетъ, что въ сей точкѣ разнородные лучи только пересѣкаются между собою.

394. Можно также разнородные лучи соединять между собою по два, по три, и т. д. въ разныхъ содержаніяхъ, и получать всякаго рода сложные цвѣты. Для сего надлежитъ принять цвѣтное изображеніе разложеннаго солнечнаго луча на такую доску, въ которой находятся многія отверстія, кои можно по произволу открывать и закрывать. Открывая разныя отверстія, пропуская сквозь нихъ разные цвѣтные лучи, будемъ оные соединять выпуклымъ стекломъ въ одну точку, и оную разсматривать на бѣлой бумагѣ : тогда увидимъ, что лучи красные съ желтыми составляютъ цвѣтъ оранжевый, желтые съ голубыми производятъ зеленый, красные съ синими — фіолетовый, и т. д. Хотя сіи составные цвѣты по виду ни чемъ не различаются отъ такихъ же первоначальныхъ лучей; но имѣютъ то отличіе, что, бывъ пропускаемы сквозь двугранный уголъ призмы, разлагаются на разнородные лучи ихъ составляющіе, тогда какъ лучи первоначальные симъ способомъ не разлагаются.

395. *Въ системѣ истеченія* разложеніе свѣта изъясняется весьма просто, допуская, что притягательныя силы, отъ коихъ зависитъ преломленіе свѣта (369), сильнѣе дѣйствуютъ на частички свѣта лучей фіолетовыхъ, а на всѣ прочія постепенно менѣе. — *Въ системѣ же волненія* для изъясненія свѣтоpазсѣя-

нія надлежитъ допустить, что солнечный свѣтъ есть совокупное дѣйствіе многочисленныхъ дрожаній эѳира, имѣющихъ различныя длины; что при вступленіи свѣта въ прозрачное тѣло, сіи разнородныя дрожанія получаютъ различныя скорости распространенія, и отъ того раздѣляются однѣ отъ другихъ; что *наибольшую скорость распространенія и наибольшую длину имѣютъ волненія, возбуждающія въ насъ ощущеніе цвѣта краснаго, а наименьшую скорость распространенія и наименьшую длину имѣютъ волненія, ощущеніе коихъ мы называемъ цвѣтомъ фіолетовымъ.*

396. *Цвѣты, кажущіеся около предметовъ, разсматриваемыхъ сквозь призму.* — Мы видѣли, что солнечный свѣтъ, проходящій сквозь стеклянную призму, разлагается на разнородные лучи; но тоже дѣйствіе происходитъ и съ лучами свѣта, идущими отъ всякихъ предметовъ. Отъ сего-то предметы, разсматриваемые сквозь призму, кажутся окружены радужными цвѣтами. 1) Ежели сквозь горизонтальную призму, обращенную вверхъ преломляющимъ угломъ, смотрѣть на горизонтальную, узкую, бѣлую полосу, лежащую на черной доскѣ; то ея изображеніе покажется вверху: лучи наиболѣе преломчивые, идущіе отъ сей полоски, пройдя сквозь призму, болѣе прочихъ уклонятся внизъ; отъ сего верхній край полосы покажется фіолетовымъ, а нижній краснымъ. Прочіе же цвѣты будутъ расположены между ими по порядку ихъ преломчивости, и вся полоска представится цвѣтною. 2) Если же смотрѣть сквозь оную призму на широкій листъ бумаги, то ея верхній и нижній край покажутся въ радужныхъ цвѣтахъ, а середина будетъ бѣлою. Ибо, отъ каждой точки листа приходящій свѣтъ, разлагается; слѣд-

ственно разнородные лучи дѣлаютъ по крайней мѣрѣ семь разноцвѣтныхъ изображенiй, стоящихъ одно за другимъ. А по причинѣ различной преломчивости лучей, фiолетовое изображенiе должно казаться нѣсколько выше, а красное ниже : слѣдственно первый край долженъ показаться фiолетовымъ, а второй — краснымъ. Въ серединѣ же листъ покажется бѣлымъ, потому что тамъ всѣ цвѣтныя изображенiя закрываютъ другъ друга. 3) Ежели сквозь туже призму смотрѣть на горизонтальную полоску бумаги, у которой верхняя половина выкрашена красною, а нижняя синею краскою; то увидимъ синюю половину вверху, а красную внизу. И это есть необходимое слѣдствiе того, что лучи синiе преломляются гораздо сильнѣе красныхъ. Но цвѣты сей полоски не будутъ представляться въ превратномъ порядкѣ, когда синяя половина будетъ обращена вверхъ.

397. Свѣтъ разлагается не только при своемъ прохожденiи сквозь двугранный уголъ призмы, но и вообще когда онъ проходитъ сквозь всякое прозрачное тѣло, ограниченное какою ни есть кривою поверхностiю. На примѣръ, ежели въ темную комнату пропустить лучь свѣта Sa, и принять его косвенно на стеклянный шаръ (фиг. 224) наполненный водою; то онъ при точкѣ a частiю отразится въ воздухъ, а частiю войдетъ въ шаръ, и преломившись дойдетъ до a'. Тамъ оный лучь получитъ новое раздѣленiе : одна его часть выйдетъ изъ шара, а другая, отразившись отъ внутренней поверхности, придетъ къ a'', и т. д. Въ темной комнатѣ можно весьма ясно видѣть и ходъ отражаемаго луча внутри шара, и то, что изходящiе

лучи при a', a''... разлагаются на цвѣтные лучи, такъ какъ бы они разлагались призмою.

398. *Явленіе радуги.* — Предъидущее наблюденіе приводитъ насъ непосредственно къ изъясненію происхожденія *радуги* (arc-en-ciel). Сіе прекрасное явленіе происходитъ въ то время, когда при солнечномъ сіяніи идетъ дождь на сторонѣ неба, прямо противоположной солнцу, и когда наблюдатель смотритъ на падающія капли дождя.

Почти всегда примѣчается двѣ радуги, состоящія изъ дугъ окрашенныхъ призменными цвѣтами. Въ нижней радугѣ, считая сверху, цвѣты слѣдуютъ въ порядкѣ : красный, оранжевый, . . . и фіолетовый ; а въ радугѣ верхней (внѣшней) цвѣты расположены въ обратномъ порядкѣ и несравненно явственнѣе. Весьма рѣдко замѣчается третья радуга. Впрочемъ радуги происходятъ не въ однѣхъ облакахъ ; онѣ являются въ искусственномъ дождѣ, въ сыплющихся капляхъ фонтановъ, въ брызгахъ водопадовъ и сильныхъ волнъ, и въ капляхъ росы, осаждающейся на обширныхъ луговыхъ равнинахъ. Все сіе показываетъ ясно, что *радуга образуется разнородными лучами солнечнаго свѣта, который розлагается проходя сквозь капли воды.* Но изъ сихъ лучей только тѣ могутъ служить къ составленію радуги, кои, выходя изъ капель дождя, остаются между собою параллельными, и потому сохраняютъ силу свою на весьма большихъ разстояніяхъ. Ибо тѣ лучи, кои по выходѣ изъ капель становятся расходящимися, быстро ослабляются ; сверхъ того, оные смѣшиваясь между собою, производятъ въ глазѣ ощущеніе только сѣроватаго цвѣта.

Вычисленіе показываетъ, что если въ шаровидную

каплю воды aa' пропустить тонкій пучекъ Sab красныхъ лучей (фиг 225) подъ угломъ паденія въ $59°\frac{1}{2}$, то его лучи внутри капли сдѣлаются сходящимися, и пересѣкутся при точкѣ c ея поверхности; отъ сей точки, отразившись внутрь шарика, они пойдутъ къ $a'b'$, составивъ уголъ $b'cd = bcd$, и, по причинѣ ихъ тождественнаго расположенія относительно діаметра cd, выйдутъ необходимо изъ шарика параллельными, составивъ съ начальнымъ ихъ направленіемъ уголъ $D = 42°2'$. При всякомъ же иномъ углѣ паденія, послѣ одного внутренняго отраженія, лучь Sab выходитъ расходящимся.

Теперь вообразимъ, что сей шарикъ aa' удаленъ отъ глаза на весьма большое разстояніе, то всѣ лучи выходящіе не параллельными, сдѣлаются не замѣтными; однѣ только лучи параллельные $S'a'b'$ будутъ явственно видимы, почему и называютъ ихъ *отличительными* (efficaces). Если представимъ себѣ рядъ водяныхъ шариковъ, кругообразно расположенныхъ одинъ подлѣ другаго, и доставляющихъ въ глазъ наблюдателя красные отличительные лучи, то онъ увидитъ красную круговую линію; если же будетъ находиться нѣсколько такихъ рядовъ одинъ близъ другаго, то глазъ, соразмѣрно его ширинѣ зрачка, увидитъ красную полосу.

Найдено также, что лучи фіолетовые вошедшіе въ шарикъ воды aa' подъ угломъ въ $58°40'$, и отразившіеся однажды отъ его внутренней поверхности, выходятъ изъ него также параллельными или *отличительными*, составляя уголъ $D = 40°\ 17'$. Лучи промежуточные, дѣлаются отличительными въ предѣлахъ между отличительными красными и фіолетовыми.

Вообразимъ теперь, что наблюдатель находится въ O (фиг. 225), и смотритъ на обширное облако, изъ коего сыплется несмѣтное множество капель дождя. Проведемъ чрезъ глазъ O и центръ солнца прямую SOC: сія линія покажетъ направленіе лучей падающихъ, кои мы будемъ считать параллельными, предполагая напередъ солнце свѣтящеюся точкою, удаленною въ безконечность. Потомъ проведемъ чрезъ глазъ O прямую OV, составляющую съ OC уголъ въ 40° 17′, и около оси OC опишемъ прямой конусъ; тогда всѣ капли, встрѣченныя сего поверхностію, будутъ доставлять наблюдателю *отличительные лучи фіолетовые*; отъ чего онъ увидитъ дугу фіолетовую. Еслиже прямою OR, составляющею съ OC уголъ въ 42° 2′ опишемъ другую коническую поверхность; то капли, встрѣтившіяся на ея продолженіи, всѣ будутъ доставлять къ наблюдателю *лучи отличительные красные*; слѣдственно онъ увидитъ дугу красную. Между сими двумя дугами будутъ видимы дуги цвѣтовъ промежуточныхъ. *Видимая ширина радуги* будетъ ROV = 42° 2′ — 40° 17′ = 1° 45′, и *красная дуга будетъ вверху, и фіолетовая внизу.*

Противное сему произойдетъ, когда лучи свѣта выходятъ отличительными *послѣ двухъ внутреннихъ отраженій* внутри капель дождя. Вообразимъ, что тонкій пучокъ параллельныхъ красныхъ лучей S*ab* (фиг. 227) входитъ въ каплю такъ, что его лучи, пересѣкшись въ *x*, отражаются по направленію *mn* параллельными между собою: тогда, по причинѣ ихъ симметрическаго расположенія относительно діаметра CD, перпендикулярнаго къ *mn*, они послѣ втораго отраженія пересѣкутся въ *x′*, и, дошедши до *a′b′*, выйдутъ вонъ параллельными. Сіи вышедшіе лучи и будутъ *отличи-*

тельные; всякіе другіе лучи, послѣ двухъ внутреннихъ отраженій, не будутъ имѣть сего свойства. При семъ, вышедшіе лучи $a'b'S'$ съ начальнымъ ихъ направленіемъ Sa составятъ уголъ $D = 50° 58'$; а отличительные лучи фіолетовые въ такомъ же случаѣ составятъ уголъ $D = 54° 9'$. Отъ сего во множествѣ падающихъ капель дождя наблюдатель увидитъ вторую радугу (фиг. 226), которой *ширина будетъ* $V'OR' = 54°9' - 50° 59' = 3° 10'$; и въ ней красная дуга будетъ внутри, а фіолетовая внѣ.

Видимое разстояніе между обѣими радугами будетъ $= 50° 59' - 42° 2' = 8° 57'$.

Таковы былибы видимыя ширины и разстояніе двухъ радугъ, еслибы солнце было въ видѣ свѣтящейся точки, безконечно отдаленной. Но какъ оное свѣтило само имѣетъ видимый діаметръ около $30'$; то истинная ширина каждой радуги получится, увеличивъ оную сверху и снизу на $15'$. Отъ чего ширина радуги внутренней будетъ $1° 45' + 30' = 2° 15'$; а ширина внѣшней $3° 40'$. Разстояніе же между ими уменьшится на $30'$, и сдѣлается $= 8° 27'$.

399. *Разложеніе свѣта, проходящаго сквозь сферическія стекла.* — Когда лучи свѣта, идущіе отъ какого ни есть бѣлаго предмета AB, проходятъ сквозь выпуклое сферическое стекло MN (фиг. 229), то всегда выходятъ изъ онаго болѣе или менѣе разложенными. Сіе разложеніе тѣмъ примѣтнѣе, чѣмъ болѣе стекло, чѣмъ большую оно имѣетъ выпуклость и силу преломленія. При семъ фіолетовые лучи, кои преломляются сильнѣе прочихъ, образуютъ фокусъ f ближе къ стеклу, а красные — далѣе отъ онаго въ f'. Отъ сего позади стекла составляется рядъ изображеній, изъ коихъ ближайшее и меньшее фіолетовое VV', а самое большее

и отдаленнѣйшее красное RR′, и кои, будучи приняты на бумагу, показываютъ общее изображеніе, имѣющее края синіе и пурпуровые; потому что продолженные лучи фіолетовые и синіе идутъ мимо краевъ краснаго изображенія. А какъ сіе же дѣйствіе производитъ около всѣхъ очертаній предмета, то его изображеніе отъ постороннихъ цвѣтовъ бываетъ недовольно чисто. Такое же дѣйствіе происходитъ при разсматриваніи предмета сквозь увеличительное стекло. Но если разсматривать превратное изображеніе RR′ изъ какой нибудь точки x, то оно покажется съ краями красными и желтыми; потому что красное, оранжевое и желтое изображенія находятся впереди и притомъ выше прочихъ.

400. *Освѣщеніе разнородными лучами.* — Ежели въ темной комнатѣ разложить стеклянною призмою пучекъ солнечныхъ лучей, и внести въ его цвѣтные лучи бѣлую бумагу; то она покажется красною въ лучахъ красныхъ, зеленою въ зеленыхъ, фіолетовою — въ фіолетовыхъ, и проч. Изъ числа разнородныхъ лучей цвѣтнаго призменнаго изображенія, *лучи желтые имѣютъ наибольшую силу освѣщенія*, и онымъ свойствомъ одарены почти въ равной степени съ *лучами зелеными*; а, начиная отъ оныхъ лучей, сила свѣта прочихъ довольно быстро уменьшается къ обоимъ концамъ цвѣтнаго изображенія. Сіе свойство было замѣчено еще *Ньютономъ*, и подтверждено опытами *Гершеля* и *Фрауенгофера*. Изъ точныхъ опытовъ Фрауенгофера видно, что если означить буквами a, b, c, d, e, f, g, h, i, предѣлы цвѣтовъ начиная отъ краснаго до конца фіолетоваго; то относительныя силы свѣта цвѣтныхъ лучей изобразятся числами

$a = 0{,}000$	$e = 0{,}480$
$b = 0{,}032$	$f = 0{,}170$
$c = 0{,}094$	$g = 0{,}031$
$d = 0{,}640$	$h = 0{,}0036$
между d и $e = 1{,}000$	$i = 0{,}000.$

401. *Вліяніе природы тѣлъ.* — На освѣщеніе тѣлъ цвѣтными лучами имѣетъ весьма важное вліяніе природа оныхъ тѣлъ (и многія другія обстоятельства, о коихъ говорено будетъ въ послѣдствіи). Наприм. ежели *въ голубые лучи* внести какое ни есть тѣло другаго цвѣта напр. красное, желтое, зеленое..), то оно покажется голубымъ. Сіи же тѣла въ красныхъ лучахъ покажутся красными, въ фіолетовыхъ — фіолетовыми; ибо, не имѣя собственнаго свѣта, будутъ отъ себя тѣ лучи, коими освѣщаются. Но количество свѣта, отражаемаго оными тѣлами, бываетъ весьма различно. Красное тѣло въ голубыхъ лучахъ кажется весьма слабаго голубаго цвѣта; столь же слабаго цвѣта оно кажется въ лучахъ зеленыхъ, желтыхъ, и проч. Если же оно будетъ поставлено въ лучи красные, то отразитъ оные въ большомъ изобиліи, и покажется высокаго краснаго цвѣта. Такимъ же образомъ и всякое другое тѣло отражаетъ наибольшее количество лучей только того цвѣта, въ какомъ оно само намъ кажется при дневномъ свѣтѣ.

402. Сіе свойство показываетъ намъ, отъ чего при дневномъ свѣтѣ большая часть тѣлъ кажутся цвѣтными. Тѣло, способное отражать одни лучи красные въ наибольшемъ количествѣ, необходимо покажется краснымъ; тѣло, отражающее только лучи желтые и синіе въ большомъ изобиліи, покажется въ сложномъ цвѣтѣ зеленомъ. Тѣло бѣлое отражаетъ

отъ себя всякаго рода лучи въ такомъ содержаніи, въ какомъ они составляютъ дневной свѣтъ. Тѣло черное почти всѣ лучи свѣта приводитъ въ бездѣйствіе.

403. Подобное же дѣйствіе оказываютъ тѣла и на лучи свѣта, сквозь нихъ проходящіе. Простой фіолетовый свѣтъ, падающій на прозрачное тѣло красное, желтое или зеленое, либо не проходитъ сквозь оное, либо, если проходитъ, то остается фіолетовымъ и по выходѣ. Сей опытъ весьма замѣчателенъ съ красными стеклами: иное изъ сихъ стеколъ свободно пропускаетъ лучи фіолетовые, другое же оные вовсе не пропускаетъ, хотя оба при дневномъ свѣтѣ кажутся одинакаго цвѣта и одинакой прозрачности. То изъ нихъ, которое не пропускаетъ лучей фіолетовыхъ, не пропускаетъ и прочихъ цвѣтныхъ лучей, кромѣ красныхъ.

404. По теоріи волненія надлежитъ допустить, что бѣлое тѣло, принимая всѣ разнородныя волненія эѳира, составляющія бѣлый свѣтъ, отражаетъ оныя отъ себя безъ примѣтнаго измѣненія. Но когда дѣйствуетъ свѣтъ на тѣло цвѣтное, то части сего тѣла, и эѳиръ въ немъ находящійся, приходятъ въ дрожанія однородныя, подобно тому, какъ натянутая струна, получая чрезъ воздухъ многочисленныя дрожательныя движенія, приходитъ только въ тѣ дрожанія, съ коими она можетъ производить гармоническіе звуки, участвуя гораздо менѣе въ прочихъ дрожаніяхъ. — Въ системѣ же истеченія допускаютъ, что матерія свѣта можетъ входить въ соединеніе съ матеріею вѣсомыхъ тѣлъ, и что тѣла могутъ отъ себя въ наибольшемъ количествѣ отражать тѣ или другіе цвѣтные лучи, а съ прочими соединяться или пропускать сквозь себя.

405. *Температура цвѣтныхъ лучей.* — Еще въ 1775 году *Рошонъ* замѣтилъ съ помощію термометра, что цвѣтные солнечные лучи не имѣютъ одинакой степени теплоты; что самая меньшая степень теплоты оказывается въ лучахъ фіолетовыхъ, а самая большая въ лучахъ красныхъ; и, въ цвѣтномъ призменномъ изображеніи, температура постепенно увеличивается отъ лучей фіолетовыхъ до красныхъ въ содержаніи 1 : 8. Послѣ него славный астрономъ *Гершель* изъ собственныхъ опытовъ приведенъ былъ къ тому же заключенію; только онъ нашелъ, что высшая температура находится подлѣ краснаго луча, внѣ цвѣтнаго изображенія. *Лесли* и *Берардъ*, повторяя тѣ же опыты, подтвердили мнѣніе Рошона; а *Енглефильдъ* и *Деви* изъ своихъ наблюденій попали на мнѣніе Гершеля. Наконецъ въ Берлинѣ Док. *Зебекъ* показалъ, что наибольшее согрѣвательное дѣйствіе не есть существенная принадлежность тѣхъ или другихъ лучей; ибо можетъ находиться въ разныхъ цвѣтныхъ лучахъ, смотря по природѣ прозрачной призмы, посредствомъ коей солнечный свѣтъ будетъ разложенъ. Онъ нашелъ, что

	наибольшая теплота оказывается
для воды,	въ желтыхъ лучахъ,
— сѣрной кислоты,	— оранжевыхъ —
— крови-гласа,	— срединѣ красныхъ лучей.
— флинт-гласа,	внѣ красныхъ лучей.

406. *Химическія дѣйствія.* — Извѣстно, что свѣтъ солнечный способствуетъ химическому дѣйствію однѣхъ тѣлъ на другія къ нимъ прикасающіяся. Но Шведскій химикъ *Шеле* первый замѣтилъ, что лучи фіолетовые производятъ болѣе всѣхъ прочихъ химическія дѣйствія; ибо въ нихъ гораздо скорѣе возстановляется окисель

серебра, нежели въ другихъ лучахъ. Послѣ него *Волластонъ*, *Риттеръ* и *Бокманъ* открыли, что наибольшія химическія дѣйствія оказываются подлѣ луча фіолетоваго, внѣ цвѣтнаго изображенія. Наконецъ *Берардъ* совершенно оправдалъ наблюденія упомянутыхъ физиковъ, подвергая хлористое серебро и также смѣсь хлора съ водородомъ дѣйствію различныхъ лучей, сгущаемыхъ выпуклымъ стекломъ. Онъ замѣтилъ, что хлористое серебро, находясь два часа въ красныхъ лучахъ, не получало примѣтной перемѣны, тогда какъ оно въ лучахъ фіолетовыхъ окрашивалось довольно сильно въ продолженіи пяти минутъ.

407. Въ 1813 году, *Морикини*, Римскій профессоръ замѣтилъ, что фіолетовые лучи въ сравненіи со всѣми прочими имѣютъ наибольшую способность сообщать *магнитизмъ* стальнымъ полосочкамъ. Сіе дѣйствіе подтверждено потомъ весьма совершенно опытами ученой Англичанки Г-жи *Соммервиль*. Она показала, что стальныя иголки, коихъ одна половина обвернута, а другая подвержена дѣйствію лучей фіолетовыхъ, синихъ, голубыхъ и даже зеленыхъ, получаютъ магнитизмъ; что онѣ дѣлаются магнитными и тогда, когда будутъ обвернуты фіолетовымъ шелкомъ, и внесены въ солнечные лучи.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Примѣненіе законовъ простаго преломленія свѣта къ изъясненію зрѣнія, и къ устроенію микроскоповъ и телескоповъ.

О глазѣ (человѣческомъ).

408. *Глазъ* есть органъ, служащій къ принятію впечатлѣній свѣта. Когда онъ бываетъ вынутъ изъ глазной впадины, то имѣетъ видъ круглаго продолговатаго тѣла, къ коему прикрѣплены артеріи и вены его питающія, и мускулы приводящіе въ движеніе (фиг. 230).

Если глазъ разрѣзать по его оси, то въ немъ откроется нѣсколько оболочекъ и прозрачныхъ тѣлъ. Изъ оболочекъ самая внѣшняя, объемлющая весь глазъ, и твердостію рогу подобная, называется *роговою оболочкою.* Она раздѣляется на переднюю часть и заднюю; изъ коихъ первая ACB имѣетъ малую величину, но большую выпуклость, и совершенную прозрачность, почему и называется *прозрачною роговою оболочкою*; вторая же часть ADDB имѣетъ меньшую выпуклость, но гораздо большую величину, и называется *непрозрачною роговою оболочкою.*

Подъ сею оболочкою находится вторая *ооо*, называемая *сосудистою* (choroïde, Gefässhaut) чернаго цвѣта. Она простирается до соединенія прозрачной роговой оболочки съ непрозрачною, и здѣсь раздѣляется на двѣ части. Задняя часть поддерживаетъ прозрачное *хрусталевидное тѣло* (cristallin), которое имѣетъ видъ *двояко-выпуклаго стекла.*

Передняя же часть образуетъ родъ круглой перегородки *mn*, которая спереди бываетъ различнаго цвѣ-

та, а сзади покрыта черною слизью, и называется *радужною оболочкою* (iris, Regenbogenhaut); на ея серединѣ находится круглое отверстіе, называемое *зрачкомъ*. Сія оболочка состоитъ изъ мускульныхъ волоконъ, изъ коихъ однѣ расположены кругообразно около зрачка, а другія разходятся отъ его центра по направленію радіусовъ; посредствомъ ихъ мы можемъ сжимать или расширять зрачекъ, когда хотимъ пропустить въ глазъ меньшее или большое количество свѣта.

Подъ сосудистою оболочкою простирается *нервная* или *сѣточная* (rétine, Nervenhaut) *rrr*, состоящая изъ сплетенія тончайшихъ нервовъ, сѣроватаго цвѣта. На сей-то оболочкѣ совершается ощущеніе дѣйствія свѣта.

Всѣ же сіи оболочки происходятъ отъ развитія оптическаго нерва N, въ мозгъ простирающагося.

Пространство между прозрачною роговою оболочкою и хрусталевиднымъ тѣломъ наполнено прозрачною водо-подобною жидкостію, которую называютъ *водяною влагою*.

Во всей задней полости глаза, между тѣломъ *kk* и нервною оболочкою, находится жидкость, похожая на растопленное стекло, и которая называется *стекловидною влагою*.

Оптическою осью глаза называется ось кристалловиднаго тѣла. Она въ правильномъ глазѣ проходитъ чрезъ центръ зрачка и центръ прозрачной роговой оболочки.

409. *Теорія зрѣнія*. — Все, что можно спросить у Оптики для изъясненія процесса зрѣнія, выводится только изъ законовъ предомленія свѣта: впрочемъ на-

ходятся вопросы, коихъ рѣшеніе можетъ показать Анатомія и Физіологія.

Со всею точностію можно увѣриться надъ естественнымъ глазомъ, что онъ дѣйствуетъ какъ соединеніе нѣсколькихъ сферическихъ стеколъ, стремится собирать лучи свѣта, и заставляетъ оные пересѣкаться на нервной оболочкѣ. Ибо, когда противъ него находиться какой нибудь предметъ AB (фиг. 231), то на нервной оболочкѣ замѣчается изображеніе *ab* сего предмета въ маломъ видѣ и въ превратномъ положеніи. Сіе дѣйствіе необходимо произходитъ отъ того, что въ глазѣ водяная влага имѣетъ выпуклую поверхность, и что хрусталевидное тѣло *kk* имѣетъ видъ двояковыпуклаго стекла, и преломляетъ свѣтъ сильнѣе, нежели влага водяная и стекловидная (*). Слѣдственно лучи свѣта *Am*, *Ac*, идущіе отъ верхней точки предмета, войдя въ водяную влагу, сближаются (на прим. дѣлаются параллельными); а прошедши сквозь хрустале-

(*) Весьма точные опыты Брюстера показали, что отношеніе между синусами угловъ паденія и преломленія, при переходѣ свѣта изъ воздуха въ

чистую воду	= 1,3358,		
водяную влагу	1,3366		
стекловидную влагу	1,3394		
внѣшняя часть хрустал. тѣла	1,3767		
центръ хрустал. тѣла	1,3990.		
Радіусъ непрозр. роговой оболочки	10	до 11	мил.
— прозрачн. роговой оболочки	7	до 8	
Толстота хрустал. тѣла	5		
Его передній радіусъ	7	до 10	—
— задній радіусъ	5	до 6	—
— разстояніе до прозрачной оболочки	3		
— — до зрачка	1		

видное тѣло дѣлаются сходящимися и пересѣкаются въ *a* на первной оболочкѣ, ниже оси глаза, гдѣ и составляется изображеніе точки А. Подобнымъ же образомъ составляется изображеніе *b* нижней точки В предмета.

410. Наблюденіе показываетъ, что мы не можемъ видѣть явственно ни предметовъ очень близкихъ къ глазу, ни предметовъ слишкомъ отдаленныхъ, и что для каждаго человѣка находится извѣстное разстояніе, на которомъ онъ можетъ видѣть предметы весьма чисто. Для хорошаго глаза сіе разстояніе простирается отъ 8 до 10 дюймовъ. Явственность видѣнія происходитъ именно тогда, когда изображеніе разсматриваемаго предмета соупадаетъ съ первною оболочкою глаза. Сіе дѣйствіе совершенно сообразно съ законами Діоптрики: ибо, ежели предметъ находится весьма близко къ глазу, то отъ каждой его точки приходятъ въ глазъ лучи значительно расходящіеся, и преломляясь въономъ, не пересѣкаются на первной оболочкѣ, но нѣсколько далѣе оной; а лучи предмета отдаленнаго, приходя въ глазъ почти параллельными, пересѣкаются въ глазѣ не доходя до первной оболочки, и несоставляютъ на оной чистаго изображенія.

411. Впрочемъ самое устроеніе глаза даетъ намъ возможность видѣть хорошо предметы и на различныхъ разстояніяхъ, только не слишкомъ большихъ и не слишкомъ малыхъ. По весьма вѣроятному мнѣнію *Ла Гира*, сіе происходитъ отъ того, что мы можемъ разширять и уменьшать зрачекъ глаза, и пропускать въ него лучи болѣе или менѣе разходящимися. И дѣйствительно, разсматривая предметъ отдаленный, мы

разширяемъ зрачекъ, дабы принять отъ него въ глазъ и большее количество свѣта, и лучи болѣе разходящіеся, кои бы могли пересѣчься на сѣтчатой оболочкѣ, а разсматривая предметъ весьма близкій, мы сжимаемъ зрачекъ, дабы пропустить въ глазъ и меньшее количество свѣта, и лучи менѣе разходящіеся, дабы могло произойти довольно чистое изображеніе на сей же оболочкѣ. Мы могли бы видѣть сей предметъ на самыхъ малыхъ разстояніяхъ, если бы могли болѣе уменьшать зрачекъ. Сіе послѣднее обстоятельство подтверждается и слѣдующимъ опытомъ: поставимъ предметъ такъ близко къ глазу, чтобы нельзя его было разсмотрѣть простымъ глазомъ, и потомъ будемъ на него смотрѣть сквозь карту, въ которой сдѣлано иголкою малое отверстіе, то всѣ части онаго предмета сдѣлаются видимыми.

412. Въ теоріи зрѣнія объясняются еще слѣдующія вопросы: 1) Что заставляетъ насъ думать, что предметы существуютъ внѣ насъ, когда ощущеніе ихъ образа производится въ нашемъ глазѣ? 2) Отъ чего мы видимъ предметы прямыми, когда ихъ изображеніе въ нашемъ глазѣ рисуются превратными? 3) Какимъ об. мы судимъ о величинѣ предметовъ и ихъ разстояніи, и проч.

Чистое ощущеніе образа предмета на сѣтчатой оболочкѣ не можетъ намъ дать ни какой возможности представлять себѣ оный предметъ внѣ насъ существующимъ, ни судить о его разстояніи и величинѣ. Одинъ только долговременный опытъ, пріобрѣтенный нами отъ самаго младенчества посредствомъ зрѣнія и осязанія, утвердилъ въ насъ неизгладимое сужденіе, что все нами видимое находится внѣ насъ; и сіе суж-

денiе такъ тѣсно сливается съ чувствомъ зрѣнiя, что мы часто одно принимаемъ за другое. Когда отъ свѣтящейся точки приходитъ свѣтъ въ нашъ глазъ, то *мы ощущаемъ одно дѣйствiе свѣта на сѣтчатую оболочку, и направленiе сего дѣйствiя.* А зная изъ опыта, что все нами видимое находится внѣ насъ, мы заключаемъ что видимая точка находится внѣ нашего глаза на томъ самомъ направленiи, по коему дѣйствуетъ свѣтъ приходящiй отъ оной. По сей-то причинѣ мы относимъ ощущаемое изображенiе *a* (фиг. 231) къ точкѣ A по направленiю *a*A дѣйствiя свѣта, а изображенiе *b* къ точкѣ B, и видимъ предметъ AB въ его истинномъ положенiи, хотя изображенiе *ab* сего предмета въ глазѣ составляется превратное.

413. Уголъ AOB, составляемый лучами зрѣнiя, проведенными въ глазъ отъ крайнихъ точекъ предмета AB (фиг. 231), и пересѣкающiеся почти въ центрѣ хрусталевиднаго тѣла *kk*, называется *угломъ зрѣнiя*. Позади его находится другой уголъ *aob* (почти = A*o*B), который образуется тѣми же лучами, и внутри коего заключается изображенiе *ab*. Сiе изображенiе измѣняется такъ, какъ измѣняется уголъ зрѣнiя подъ коимъ мы усматриваемъ предметъ; уголъ же зрѣнiя зависитъ отъ величины дiаметра предмета, отъ его положенiя, и отдаленiя отъ глаза. На прим. когда предметъ AB перпендикуляренъ къ оптической оси D*o*, и дѣлится ею по поламъ; тогда изъ $\triangle$ADO имѣемъ $tang.\frac{1}{2}O = \frac{AD}{DO}$; а если уголъ O малъ, то

$$\angle O = \frac{2AD}{DO}.$$

Когда же сей предметъ составляетъ съ оптическою

осью уголъ i, тогда его уголъ зрѣнія бываетъ почти $= \frac{2AD.Sin i}{DO}$.

Изъ сей формулы видно, что *углы зрѣнія видимыхъ предметовъ*, а также и изображенія въ нашемъ глазѣ, *прямо пропорціональны ихъ истиннымъ величинамъ и синусамъ угловъ наклоненія, и обратно пропорціональны отдаленію предметовъ*. Изъ сей формулы, по даннымъ тремъ количествамъ, найдется приблизительно четвертое.

414. Когда отдаленіе предмета и его положеніе въ пространствѣ не извѣстно, то о величинѣ его мы заключаемъ по одному углу зрѣнія, и получаемъ понятіе только о *видимой величинѣ* или *видимомъ діаметрѣ предмета*, и отъ того часто вовлекаемся во многіе *оптическіе обманы*: 1) Видя два предмета подъ тѣмъ же угломъ зрѣнія, мы имъ приписываемъ одинакую величину; на пр. солнце и луна представляются намъ одинакой величины. 2) Иногда предметъ малый кажется гораздо болѣе предмета большаго. Такимъ об. луна представляется болѣе планетъ Венеры и Юпитера. Отъ сего же зависитъ, что, смотря сквозь оконное стекло на улицу, мы усматриваемъ нѣсколько домовъ, хотя увѣрены что каждый домъ болѣе окна. 3) Равные предметы кажутся намъ различной величины, если находятся отъ насъ на различныхъ разстояніяхъ. На пр. если смотрѣть вдоль двухъ параллельныхъ рядовъ равныхъ деревъ, то намъ кажется, что онѣ съ удаленіемъ отъ насъ постепенно уменьшаются и сближаются между собою; ибо, какъ самыя деревья, такъ и разстоянія между ими кажутся подъ меньшими углами зрѣнія, по мѣрѣ ихъ удаленія.

И вообще всякія двѣ параллельныя линіи, или двѣ параллельныя плоскости представляются сходящимися, и проч. Подробнѣе о семъ см. въ Traité élém. de phys. par Haüy. 3 édit. tom. 2; pag. 295. Paris. 1821.

415. Когда мы смотримъ на предметъ однимъ глазомъ, то направляемъ оптическую ось на ту точку, которую разсматриваемъ на семъ предметѣ: вѣроятно по направленію оси мы получаемъ болѣе свѣта, и изображеніе той точки на которую она направлена, чище и яснѣе напечатлѣвается въ глазѣ. Когда мы смотримъ на предметъ AB (фиг. 232) двумя глазами, то располагаемъ оные такъ, чтобы обѣ оптическія оси cC, c′C пересѣкались на разсматриваемой точкѣ C онаго. При семъ расположеніи, хотя оба глаза получаютъ отъ видимаго предмета по одному изображенію, но мы усматриваемъ не два предмета AB; потому что ощущенія изображеній c, c′ относимъ къ одной точкѣ C предмета, лежащей на пересѣченіи осей, и таковымъ сужденіемъ опредѣляемъ одинъ предметъ AB въ пространствѣ.

416. Если оптическія оси не пересѣкаются на видимомъ предметѣ, то онъ всегда намъ кажется двойнымъ, въ чемъ увѣряютъ насъ слѣдующія наблюденія: 1) Разсматривая какой нибудь предметъ, если подавить одинъ глазъ въ сторону, чтобы уничтожить на немъ пересѣченіе осей, то онъ покажется двойнымъ. 2) Ежели поставить передъ глазами два предмета M, N (фиг. 233) одинъ за другимъ, то, смотря пристально на предметъ M, увидимъ его одинакимъ, а предметъ N покажется двойнымъ; и два его изображенія будутъ находиться на продолженіи осей, проходящихъ чрезъ M. Если же смотрѣть на предметъ N, то M

покажется двойнымъ. 3) Ежели держать линейку такъ, чтобы объ ея плоскости равно отстояли отъ глазъ, и смотрѣть на какую нибудь точку, находящуюся на ея ребрѣ, то увидимъ двѣ линейки, въ оной точкѣ пересѣкающіяся. — Извѣстно еще, что не трезвые люди, не въ состояніи будучи иногда управлять осями глазъ своихъ, видятъ предметы двойными.

Уголъ, составляемый оптическими осями, пересѣкающимися на разсматриваемой точкѣ, называется *оптическимъ угломъ.*

417. Поелику видимые предметы изображаются въ нашемъ глазѣ на одной поверхности, то по одному ихъ изображенію мы не можемъ получать понятія о ихъ разстояніи. Все, что мы знаемъ о разстояніи предмета, есть слѣдствіе сужденія, выводимаго изъ тѣхъ ощущеній, кои измѣняются съ приближеніемъ или удаленіемъ сего предмета. Къ симъ ощущеніямъ относятся: 1) Уголъ оптическій, который бываетъ болѣе для предметовъ близкихъ, и менѣе для предметовъ отдаленныхъ. Частое сравненіе разстоянія предмета съ движеніями глазъ, кои мы дѣлаемъ для составленія оптическихъ угловъ, даетъ намъ нѣкоторое средство судить о сихъ разстояніяхъ. Мы весьма не совершенно судимъ о разстояніи предмета, когда смотримъ на него однимъ глазомъ. Извѣстно, что весьма трудно попасть въ отверстіе кольца, повѣшеннаго такъ, чтобы сего отверстія не было видно, когда будемъ смотрѣть однимъ глазомъ. 2) *Степень свѣта* и *явственности*, съ каковою мы видимъ каждую точку предмета, уменьшается по мѣрѣ удаленія предмета, и бываетъ болѣе для предметовъ близкихъ. 3) Положеніе предмета относительно другихъ вещей, коихъ

разстоянія намъ извѣстны. 4) Число вещей, находящихся между нами и разсматриваемымъ предметомъ. 5) Видимая величина предмета, когда его истинная величина намъ извѣстна.

Чѣмъ ближе къ намъ находится какой нибудь предметъ, тѣмъ болѣе всѣ сіи обстоятельства имѣютъ вліянія на сужденіе о его разстояніи: но чѣмъ отъ далѣе отстоитъ отъ насъ, тѣмъ болѣе мы лишаемся оныхъ вспомогательныхъ средствъ; наконецъ въ большомъ отдаленіи, всѣ сіи средства оставляютъ насъ, и мы, не имѣя ничего, на чемъ бы могли основать своё сужденіе, видимъ всѣ весьма отдаленные предметы въ одинакомъ отъ насъ разстояніи. Такимъ образомъ солнце, луна и неподвижныя звѣзды представляются намъ на поверхности голубаго небеснаго свода, который есть ни что иное, какъ видимая атмосфера земли.

418. Все, что служитъ къ составленію нашего сужденія о величинѣ видимаго предмета и его разстояніи, служитъ также и для составленія сужденія о его формѣ. Преимущественно же о формѣ предмета даютъ намъ понятіе измѣненія свѣта и тѣни по его поверхности, особливо когда можно разсматривать предметъ съ разныхъ сторонъ.

419. Наблюденія сіи подали средство живописцамъ изображать видимые предметы на одной картинной поверхности такъ, чтобы они для зрителя казались на различныхъ, но опредѣленныхъ отдаленіяхъ. Для сей цѣли, ближайшимъ предметамъ даютъ значительную величину, ясно изображаютъ всѣ ихъ части, вѣрно назначаютъ на нихъ тѣни и полутѣни, и раскрашиваютъ свойственными красками. Изображая отда-

ленный предметъ уменьшаютъ его величину на картинѣ во столько, во сколько долженъ сдѣлаться менѣе уголъ зрѣнія сего предмета на ономъ отдаленіи; ослабляютъ его тѣни, и уменьшаютъ живость красокъ и яркость свѣта и вообще явственность предмета въ такой степени, въ каковой онѣ показались бы дѣйствительно уменьшенными на ономъ разстояніи. Сему искусству научаетъ *Перспектива линейная и воздушная.*

420. Тѣже самыя обстоятельства, изъ коихъ мы заключаемъ объ истинной величинѣ предмета и его отдаленіи, служатъ также и для опредѣленія движенія видимыхъ предметовъ довольно близкихъ. Чтожъ касается до предметовъ отдаленныхъ, то мы замѣчаемъ только *видимое движеніе* оныхъ; ибо заключаемъ объ ономъ по движенію ихъ изображеній въ нашемъ глазѣ, которое вообще бываетъ различно отъ истиннаго движенія. Сверхъ сего, поелику движеніе изображенія происходитъ отъ движенія предмета и движенія глаза, то, не замѣчая собственнаго движенія, мы часто впадаемъ въ весьма важные оптическіе обманы. Плывя на лодкѣ вдоль рѣки, намъ кажется, что ея берега движутся въ противную сторону; ибо въ семъ случаѣ мы не замѣчаемъ собственнаго движенія, а между тѣмъ ощущаемъ, что изображенія береговъ передвигаются въ нашемъ глазѣ, посему и приписываемъ имъ сіе движеніе. По сей же причинѣ кажется намъ, что солнце и всѣ звѣзды обращаются вокругъ земли. Къ числу сихъ же оптическихъ обмановъ относится *аберрація* звѣздъ.

421. Изъ наблюденій открыто, что впечатлѣніе, производимое свѣтомъ, не мгновенно исчезаетъ въ нашемъ глазѣ, но удерживается въ ономъ отъ 8 до 10

терцій времени. Сіе свойство нашего глаза вовлекаетъ насъ въ весьма любопытные оптическіе обманы. Если раскаленный уголъ быстро размахивать въ воздухѣ, то его путь кажется въ видѣ огненной полосы. Если обращать весьма быстро колесо около неподвижной оси, то оно представляется въ видѣ полупрозрачной площади круга покоющагося. Если деревянный кружокъ раздѣлить пополамъ, выкрасить одну его половину желтою краскою, а другую голубою, то, при быстромъ обращеніи около оси, поверхность кружка покажется зеленою: если выкрасить первую половину красною краскою, а другую синею, то, при обращеніи, поверхность круга покажется фіолетовою. Даже, если раздѣлить окружность на семь секторовъ, коихъ бы величины относились между собою какъ 45, 27, 48, 60, 60, 40, 80, то есть, какъ величины промежутковъ, занимаемыхъ простыми лучами цвѣтнаго призменнаго изображенія (385); то, при обращеніи сего круга, его поверхность представится бѣловатою.— На семъ же свойствѣ *Док. Парисъ* придумалъ оптическую игрушку *Тауматропъ*; а Штампферъ весьма не давно изобрѣлъ другую любопытную игрушку *Стробоскопъ.*

422. Когда глазъ долго смотритъ на какой нибудь предметъ весьма яркаго цвѣта, то онъ впечатлѣніями его лучей притупляется, и становится мало чувствительнымъ къ дѣйствію оныхъ. Тогда, если онъ вдругъ начнетъ смотрѣть на бѣлую бумагу, отъ которой приходятъ лучи всякаго рода, то будетъ ощущать дѣйствіе всѣхъ оныхъ лучей, исключая тѣ, къ которымъ онъ сдѣлался почти не чувствительнымъ. Отъ сего на бѣлой бумагѣ покажется пятно дополнительнаго цвѣта къ тому, который имѣло разсматриваемое тѣло.

Сіи-то видимые дополнительные цвѣты называются *случайными* (также субъективными, физіологическими). Если посмотрѣть на заходящее солнце, то цвѣтныя пятна долго послѣ сего носятся предъ глазами.

425. *Близорукость и дальнозоркость.* — Только у совершенныхъ глазъ разстояніе явственнаго зрѣнія простирается отъ 8 до 10 дюймовъ. *Близорукіе* (близзоркіе, myopes) имѣютъ сіе разстояніе гораздо менѣе; а у *дальнозоркихъ* (presbytes) оно гораздо болѣе. Глазъ называется близорукимъ, когда его хрусталевидное тѣло или прозрачная роговая оболочка имѣютъ излишнюю выпуклость : ибо тогда лучи свѣта, приходящіе отъ довольно близкихъ предметовъ, сильно преломляются, и пересѣкаются не доходя до нервной оболочки; отъ чего на сей послѣдней не составляется явственнаго изображенія, если предметъ не будетъ поставленъ весьма близко къ глазу. Для отвращенія сего недостатка употребляются *очки съ вогнутыми стеклами*, посредствомъ коихъ увеличивается разхожденіе лучей свѣта, и изображеніе предмета приводится на нервную оболочку глаза.

Дальнозоркость случается обыкновенно у стариковъ, и происходитъ отъ того, что хрусталевидное тѣло и прозрачная роговая оболочка глаза имѣютъ недостаточную выпуклость. Въ семъ случаѣ, глазъ не можетъ видѣть хорошо предметовъ близкихъ, но видитъ довольно явственно предметы отдаленные; потому что лучи свѣта, приходящіе въ глазъ отъ близкихъ предметовъ, дѣлаются мало сходящимися, и доходятъ до нервной оболочки еще не пересѣкаясь. Для отвращенія сего недостатка употребляются очки съ выпуклыми стеклами, посредствомъ коихъ уменьшается раз-

хожденіе лучей свѣта, идущихъ въ глазъ, и приводится изображеніе предмета на нервную оболочку.

Очки, называемые *консервами*, имѣютъ фокусное разстояніе отъ 16 до 20 футовъ. Для сбереженія зрѣнія на долгое время, надлежитъ сначала употреблять оные, и весьма медленно переходитъ къ очкамъ съ фокусными разстояніями болѣе короткими. Весьма также полезно употреблять въ очкахъ стекла *перископическія* т. е. *выпукло-вогнутыя*; ибо онѣ способствуютъ хорошо видѣть предметы боковые (*).

Орудія для усоверщенія зрѣнія.

424. Кромѣ случайныхъ несовершенствъ глазъ человѣческій имѣетъ два важные недостатка. Мы не можемъ явственно видѣть близкихъ предметовъ весьма мелкихъ; ибо ихъ уголъ зрѣнія столь малъ, что ихъ изображенія въ глазѣ сливаются въ неразличимыя точки. Мы не можемъ также ясно разсмотрѣть большихъ предметовъ весьма отдаленныхъ; какъ по тому,

(*) Если f есть разстояніе явственнаго зрѣнія глаза дальнозоркаго, F главное фокусное разстояніе такого выпуклаго стекла, сквозь которое сей глазъ можетъ хорошо видѣть предметы на разстояніи D, равномъ 8 или 10 дюймамъ; то фокусное разстояніе онаго стекла найдется изъ уравненія

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{D}-\frac{1}{f};\text{ откуда } F=\frac{fD}{f-D}.$$

Полагая D = 10 дюйм., f = 30 дюйм., найдется

$$F=\frac{30\times10}{30-10}=15\text{ дюйм.}$$

Для глаза близорукаго между тѣми же величинами будетъ отношеніе

$$-\frac{1}{F}=\frac{1}{D}-\frac{1}{f};\text{ откуда } F=\frac{Df}{D-f}.$$

что ихъ уголъ зрѣнія малъ, такъ и потому, что отъ отдаленныхъ предметовъ приходятъ въ глазъ почти параллельные лучи, и отъ того пересѣкаются въономъ, не доходя до нервной оболочки. Для усовершенія зрѣнія въ семъ отношеніи, изобрѣтены *микроскопы* и *телескопы*.

Микроскопы.

425. *Микроскопы* суть оптическія орудія, увеличивающія изображенія малыхъ близкихъ къ намъ предметовъ, и тѣмъ самымъ способствующія намъ подробно и ясно разсматривать части ихъ. Они бываютъ простые и сложные.

426. *Простой микроскопъ* есть ничто иное, какъ двояко-выпуклое стекло съ короткимъ фокуснымъ разстояніемъ (отъ $\frac{1}{2}$ до 2 дюймовъ). Если поставить предметъ внутри фокуснаго разстоянія, то сквозь стекло увидимъ изображеніе сего предмета въ большомъ видѣ, въ прямомъ положеніи, и далѣе отъ стекла. Мы видѣли (375,6), какимъ образомъ находятъ величину изображенія: а какъ изображеніе подобно самому предмету, то ихъ сходственныя измѣренія относятся между собою какъ ихъ длины; ихъ поверхности относятся какъ квадраты ихъ длинъ; а объемы — какъ кубы длинъ. Отношеніе между длиною изображенія и длиною предмета опредѣляетъ увеличеніе предмета въ длину. Квадратъ сего отношенія составитъ увеличеніе поверхности предмета; а кубъ его покажетъ увеличеніе всего объема предмета.

427. Такъ какъ мы видимъ явственно предметы на извѣстномъ разстояніи отъ насъ (на прим. отъ 8 до 10 дюймовъ), то разсматривая предметъ сквозь мик-

роскопъ, мы всегда располагаемъ его такъ, *чтобы изображеніе предмета было удалено отъ глаза на разстояніе явственнаго зрѣнія.* Вычисленіе показываетъ, что для сего надлежитъ предметъ ставить почти въ самомъ фокусѣ микроскопа; и слѣдственно увеличеніе линейное микроскопа будетъ почти равно отношенію разстоянія явственнаго зрѣнія къ длинѣ главнаго фокуса.

428. *Сложные микроскопы* сдѣлались извѣстными въ началѣ 17 вѣка. Они составляются изъ различнаго числа выпуклыхъ стеколъ, располагаемыхъ надлежащимъ образомъ на одной оптической оси, такъ чтобы глазъ могъ разсматривать предметы сквозь всѣ оныя стекла. Употребительнѣйшіе микроскопы дѣлаются изъ трехъ выпуклыхъ стеколъ *mm*, *nn*, *pp* (фиг. 234). Стекло *mm*, обращенное къ предмету, и непосредственно принимающее отъ него свѣтъ, называется *предметнымъ*; стекло *pp*, обращенное къ глазу O, называется *глазнымъ*; стекло же *nn* называется *собирательнымъ* (collectif). Онѣ располагаются такъ, чтобы каждая пара стеколъ имѣли общій фокусъ. Сіи фокусы означены буквами f, f'. Въ такомъ микроскопѣ видимы бываютъ предметы въ большомъ видѣ, въ превратномъ положеніи, на разстояніи явственнаго зрѣнія, слѣдующ. образомъ. Разсматриваемый предметъ *ab* поставимъ въ фокусѣ f предметнаго стекла, или немного далѣе; отъ крайнихъ его точекъ *a* и *b* возмемъ по два такихъ луча, чтобы одинъ проходилъ чрезъ центръ *c* стекла, а другой былъ параллеленъ оси. Сіи лучи, пройдя сквозь предметное стекло, сдѣлаются параллельными, и дойдутъ до стекла *nn*; а пройдя сквозь стекло *nn*, сдѣлаются сходящимися, пересѣкут-

ся въ точкахъ a', b', и составятъ превратное изображеніе $a'b'$, не много большее предмета ab, почти въ самомъ фокусѣ f', внутри фокуснаго разстоянія Ef'. Сіе-то изображеніе $a'b'$ разсматриваетъ глазъ О сквозь глазное стекло pp, какъ сквозь простой микроскопъ, и видитъ оное въ АВ весьма увеличеннымъ. Таковое расположеніе стеколъ придумалъ Г. *Кампани.*

Три микроскопическія стекла вставляются въ три отдѣльныя мѣдныя трубки, кои должны быть вычернены со внутри, дабы могли поглощать свѣтъ, падающій косвенно на ихъ стѣнки, и препятствующій явственности зрѣнія. Къ широкой трубкѣ, содержащей среднее стекло nn, привинчивается узкая трубочка съ предметнымъ стекломъ; а съ другой стороны вдвигается въ нее трубка съ глазнымъ стекломъ. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ составляется изображеніе $a'b'$, утверждается вычерненная металлическая перегородка съ круглымъ отверстіемъ, которая бы позволяла проходить только тѣмъ лучамъ свѣта, посредствомъ коихъ глазъ можетъ явственно видѣть изображеніе $a'b'$. Предметы ab обыкновенно бывáютъ освѣщаемы свѣтомъ, отражаемымъ посредствомъ вогнутаго зеркала, или какъ нибудь иначе.

429. Замѣтить должно, что нынѣшніе лучшіе художники, вмѣсто одного предметнаго стекла, употребляютъ два либо три стекла ахроматическія (*); глазное стекло также дѣлается изъ двухъ либо трехъ выпуклыхъ стеколъ. *Кошуа* показалъ, что собирательному стеклу лучше давать видъ мениска, выпуклаго къ предметному стеклу. Сіе стекло имѣетъ двѣ выгоды: 1) со-

(*) Таковы микроскопы Селлига и Венсана Шевалье.

бирастъ въ меньшее пространство лучи свѣта идущіе отъ предметнаго стекла, и подаетъ возможность видѣть большую часть предмета сквозь глазное стекло; 2) давъ ему надлежащую форму, можно почти совершенно уничтожить радужные цвѣты, видимые на изображеніи AB, и происходящіе отъ разложенія свѣта дѣйствіемъ предметнаго стекла. По сему-то собирательное стекло называютъ иногда *ахроматическимъ*.

430. Практически опредѣляютъ *увеличеніе сложнаго микроскопа* слѣдующимъ образомъ: на мѣсто предмета ab ставятъ стеклянную пластинку, раздѣленную на равныя части параллельными линіями; тогда ея изображеніе состaвится въ $a'b'$ внутри отверстія круглой перегородки. Пусть будетъ n дѣленій, видимыхъ на сей пластинкѣ сквозь микроскопъ. Вымѣримъ діаметръ отверстія перегородки, и пусть въ ономъ діаметрѣ содержится m дѣленій. Тогда увеличеніе изображенія въ отверстіи будетъ $= \frac{m}{n}$, а помноживъ оное на увеличеніе глазнаго стекла, получится увеличеніе всего инструмента.

О катадіоптрическомъ микроскопѣ *Амичи* читай въ Traité élém. de phys. par. Péclet. Tom 2, pag. 508.

Телескопы.

431. Совокупляя извѣстнымъ образомъ сферическія стекла, либо зеркала и стекла, можно расположить оныя такъ, что онѣ будутъ намъ показывать отдаленные предметы гораздо ближе къ намъ, яснѣе, и въ большемъ видѣ, нежели какъ они кажутся для простаго глаза. Такого рода инструменты называются *приближающими трубами* или *телескопами*. Сіи опти-

ческія орудія бываютъ *діоптрическія* или *катадіоптрическія*, смотря по тому, состоятъ ли онѣ изъ совокупленія однѣхъ стеколъ, или изъ стеколъ и зеркалъ. Къ первымъ относятся телескопы: Галилеевъ, Кеплеровъ и Земной; а ко вторымъ: Гершелевъ, Ньютоновъ, Григоріанскій и Кассегреневъ.

432. Въ телескопѣ видимы бываютъ отдаленные предметы подъ угломъ зрѣнія гораздо большимъ, нежели подъ каковымъ угломъ они кажутся простому глазу; и число, показывающее, во сколько первый уголъ болѣе послѣдняго, называется *увеличеніемъ телескопа*.

433. Круглое пространство, видимое сквозь всѣ стекла трубы, называется *полемъ зрѣнія*. Опредѣлительность, съ каковою видима бываетъ каждая точка разсматриваемаго предмета, называется *явственностію* трубы.

434. *Галилеевъ телескопъ* (театральная трубка). — Онъ состоитъ изъ предметнаго выпуклаго стекла MN (фиг. 235), и глазнаго вогнутаго стекла *mn*, расположенныхъ на одной оси, и утвержденныхъ въ двухъ особыхъ трубкахъ, одна въ другую вдвигающихся. Чтобы видѣть дѣйствіе сего телескопа, вообразимъ, что отъ верхней точки отдаленнаго предмета приходятъ на стекло MN три луча: A′Fx проходящій чрезъ фокусъ F, A′C идущій чрезъ центръ стекла, и A′*x* идущій чрезъ центръ c вогнутаго стекла, расположеннаго такъ, чтобы его мнимый фокусъ соупадалъ съ истиннымъ фокусомъ F′ предметнаго стекла: то лучь A′Fx получитъ направленіе *ma* параллельное оси FF′; а лучь A′C пройдетъ не преломляясь. Сіи три луча пересѣкутся за стекломъ въ точкѣ *a*, гдѣ и составится изображеніе верхней точки предме-

та. Подобные же лучи $B'Fx$, $B'C$, $B'z$, идущіе отъ нижней точки предмета, составили бы въ b изображеніе оной точки. Слѣдственно ab было бы малое превратное изображеніе предмета, находящееся немного далѣе фокуса F'. Лучи xa, Ca, также zb, Cb, пройдя сквозь вогнутое стекло, сдѣлаются весьма мало разходящимися, первыя по направленіямъ xa, ko, а вторыя по направленіямъ zb, id, и приходятъ въ глазъ зрителя; отъ сего глазъ видитъ верхнюю точку предмета въ A, а нижнюю въ B; слѣдственно предметъ AB *ему представляется въ большемъ видѣ, въ прямомъ положеніи, и ближе къ телескопу.*

Увеличеніе сего телескопа найдется, раздѣливши фокусное разстояніе предметнаго стекла на фокусное разстояніе стекла глазнаго. Ибо, простому глазу предметъ кажется подъ угломъ зрѣнія $A'CB' = aCb$; а въ телескопѣ онъ кажется подъ угломъ $AcB = acb$; и увеличеніе должно быть равно $\angle acb : \angle aCb$, или $\frac{1}{2} acb : \frac{1}{2} aCb$. Но какъ сіи углы малы, то вмѣсто ихъ можно взять тангенсы, т. е.

$$acb : \tfrac{1}{2} aCb = \frac{1}{2}\frac{ab}{cF'} : \frac{1}{2}\frac{ab}{CF'} = CF' : cF'.$$

По причинѣ разхожденія лучей свѣта, выходящихъ изъ глазнаго стекла, поле онаго телескопа всегда очень мало; а потому онъ и употребляется какъ карманная зрительная трубка, для разсматриванія предметовъ не весьма отдаленныхъ.

455. *Астрономическій или Кеплеровъ телескопъ* состоитъ изъ двухъ выпуклыхъ стеколъ, предметнаго MN (фиг. 236) и глазнаго *mn*, расположенныхъ на одной оси такъ, чтобы они имѣли общій фокусъ f. Вообразимъ себѣ, что отъ верхней точки весьма отдаленнаго

предмета приходятъ на предметное стекло два луча AC, A'z, изъ коихъ первый проходитъ чрезъ центръ C стекла, а второй черезъ передній фокусъ F; они, пройдя сквозь оное стекло, пересѣкутся въ *a*, и здѣсь составятъ изображеніе верхней точки предмета. Подобные же лучи BC, B'x, идущіе отъ нижней точки предмета, составятъ въ *b* изображеніе оной точки. Превратное изображеніе *ab*, глазъ разсматриваетъ сквозь глазное стекло, какъ сквозь микроскопъ, и видитъ оное въ *a'b'* подъ большимъ угломъ зрѣнія, ближе и яснѣе.

Увеличеніе сего телескопа найдется также, раздѣливъ фокусное разстояніе предметнаго стекла на фокусное разстояніе глазнаго.

436. Для увеличенія поля зрѣнія сего телескопа, ставится иногда между стекломъ предметнымъ и глазнымъ третье стекло *собирательное*, какъ сіе дѣлается въ сложномъ микроскопѣ. Трубы астрономическія обыкновенно имѣютъ въ своемъ фокусѣ F нѣсколько натянутыхъ вертикальныхъ волосковъ, параллельныхъ между собою, и одинъ волосокъ горизонтальный, раздѣляющій поле зрѣнія трубы по поламъ. Иногда помѣщаютъ еще одинъ волосокъ, который можно подвигать параллельно сему послѣднему посредствомъ винта, дабы по разхожденію сихъ волосковъ можно было измѣрять видимые діаметры тѣлъ небесныхъ. Такой приборъ называется *микрометромъ*.

Сей телескопъ употребляется только для астрономическихъ наблюденій: но для разсматриванія земныхъ предметовъ онъ неудобенъ, потому что показываетъ ихъ въ превратномъ положеніи.

437 *Земной телескопъ* изобрѣтенъ въ началѣ 17 вѣка Iезуитомъ *Рейта*, и употребляется для разсматриванія земныхъ предметовъ. Въ семъ телескопѣ кромѣ выпуклаго предметнаго стекла MN (фиг. 237), находятся четыре плосковыпуклыхъ глазныхъ стекла 1, 2, 3, 4, изъ коихъ три первыя служатъ къ тому, чтобы превратное изображеніе *ab* предмета, составившееся предъ первымъ глазнымъ стекломъ, обратить въ прямое $a'b'$ передъ четвертымъ глазнымъ стекломъ, сквозь которое глазъ и разсматриваетъ сіе изображеніе какъ сквозь простой микроскопъ.

438. *Гершелевъ телескопъ* есть простѣйшій изъ всѣхъ телескоповъ зеркальныхъ, и состоитъ изъ вогнутаго зеркала *cd*, наклоняемаго къ оси трубы *pq* (фиг. 238), которое принимая лучи отъ отдаленнаго предмета AB, представляетъ почти въ самомъ фокусѣ своемъ его превратное изображеніе *ab*. Сіе-то изображеніе глазъ разсматриваетъ сквозь выпуклое стекло *mn*, какъ сквозь микроскопъ. Въ семъ телескопѣ изображеніе представляется явственнѣе, нежели въ другихъ; по тому что въ немъ свѣтъ имѣетъ одно отраженіе и одно преломленіе.

439. *Ньютоновъ телескопъ* также состоитъ изъ широкой трубы *pq* (фиг. 239), въ которой утверждено вогнутое зеркало *cd*, перпендикулярное къ оси трубы. Внутри фокуснаго разстоянія сего зеркала находится плоское зеркало *ee*, наклоненное къ оси трубы подъ угломъ въ 45°. Въ боку трубы, подлѣ плоскаго зеркала, находится отверстіе, въ которое вставлено выпуклое стекло *mn*. Лучи свѣта, идущіе отъ отдаленнаго предмета AB, падаютъ сперва на вогнутое зеркало *cd*, и, отразившись, составили бы въ его фокусѣ

превратное изображеніе ab : но, встрѣтивши плоское зеркало ee, отражаются отъ онаго; и такимъ об. изображеніе переносится въ $a'b'$, которое наблюдатель и разсматриваетъ сквозь увеличительное стекло mn.

Увеличеніе Ньютонова и Гершелева телескоповъ опредѣляется, раздѣливши фокусное разстояніе вогнутаго зеркала на фокусное разстояніе стекла mn. Ибо простой глазъ видитъ предметъ подъ угломъ АОВ; а въ телескопѣ онъ его усматриваетъ подъ угломъ $a'ob'$, или asb, еслибы стекло mn находилось въ $m'n'$; посему

$$\angle asb : \angle AOB = fO : fs.$$

440. *Григоріанскій телескопъ* имѣетъ сходство съ Ньютоновымъ: только въ немъ вмѣсто плоскаго зеркала употребляется вогнутое mn (фиг. 240), коего фокусъ f находится близъ фокуса f' большаго вогнутаго зеркала cd. Лучи свѣта, приходящіе отъ весьма отдаленнаго предмета АВ, отразившись отъ зеркала cd, дѣлаютъ малое превратное изображеніе $a'b'$, и достигаютъ втораго зеркала mn; по отраженіи отъ сего зеркала, входятъ въ малую зрительную трубку pq, содержащую два выпуклыхъ стекла, и вставленную въ отверстіи зеркала cd. За первымъ стекломъ составляется прямое изображеніе ab предмета, которое глазъ разсматриваетъ сквозь второе стекло, и видитъ оное прямымъ и увеличеннымъ.

Видимыя изображенія предметовъ въ семъ телескопѣ не имѣютъ совершенной явственности, по причинѣ сферичности обоихъ зеркалъ, не позволяющей лучамъ свѣта образовать чистые фокусы (353,2); посему Г. *Кассегрень* вмѣсто вогнутаго зеркала mn употребилъ

выпуклое, и тѣмъ уничтожилъ вліяніе сферичности на явственность изображеній.

Общія замѣчанія о зрительныхъ трубахъ.

441. Всѣ зрительныя трубы подвержены двумъ главнѣйшимъ недостаткамъ, изъ коихъ одинъ произходитъ отъ сферичности ихъ стеколъ и зеркалъ, а другой отъ преломчивости разнородныхъ лучей свѣта.

Лучи свѣта, разходящіеся отъ каждой точки предмета, по причинѣ *сферичности* стеколъ и зеркалъ, не собираются въ одну точку, по ближайшіе къ оси пересѣкаются далѣе, а отдаленнѣйшіе ближе къ стеклу; отъ сего изображеніе предмета не бываетъ чисто. Для уничтоженія вліянія сферичности стеколъ 1) покрываютъ значительную часть края предметнаго стекла непрозрачною, кольцеобразною обкладкою, дабы сквозь свободную часть стекла, называемую *отверстіемъ*, проходили тѣ лучи свѣта, кои могутъ составить явственное изображеніе разсматриваемаго предмета; 2) въ тѣхъ мѣстахъ трубы, гдѣ составляются изображенія предметовъ, утверждаютъ вычерненныя металлическія перегородки, съ круглыми отверстіями, сквозь которыя до послѣдняго глазнаго стекла могли бы доходить лучи свѣта близкіе къ оси, и останавливались лучи удаляющіеся отъ оной. 3) Внутренность всякой трубы закрывается черною краскою, дабы лучи свѣта, косвенно входящіе въ трубу, не могли отражаться отъ ея стѣнокъ и приходить въ глазъ зрителя.

Отъ различной преломчивости разнородныхъ лучей происходитъ разложеніе свѣта, проходящаго сквозь сферическія стекла (399); отъ сего изображенія пред-

метовъ кажутся окрашены радужными цвѣтами. Сей недостатокъ обыкновенно замѣчается на изображеніяхъ, производимыхъ предметными стеклами телескоповъ и микроскоповъ, особливо когда сіи изображенія составляются далеко отъ предметнаго стекла, и когда *отверстіе* оныхъ стеколъ велико. Для отвращенія сего недостатка не только въ телескопахъ, но даже и въ микоскопахъ употребляются предметныя стекла ахроматическія, объ устроеніи коихъ сообщаются здѣсь краткія понятія.

Объ ахроматизмѣ.

442. Ньютонъ первый узналъ, что разложеніе свѣта, проходящаго сквозь предметныя стекла оптическихъ орудій, есть причиною радужныхъ цвѣтовъ, сопровождающихъ видимыя въ нихъ изображенія предметовъ; и первый искалъ средствъ уничтожить въ оптическихъ орудіяхъ сей важный недостатокъ. Но, производя не правильные и недостаточные опыты относительно сего предмета, впалъ въ ложныя заключенія, по коимъ не было ни какой возможности составить ни призмъ ни стеколъ ахроматическихъ, не уничтожая преломленія свѣта (390). Спустя 50 лѣтъ, *Эйлеръ* (1747 года), утверждаясь на той истинѣ, что глазъ человѣческій, коего дѣйствіе сходствуетъ съ дѣйствіемъ выпуклаго стекла, имѣетъ такое устройство, что изображенія предметовъ на его первой оболочкѣ рисуются безъ радужныхъ цвѣтовъ, счелъ совершенно возможнымъ дѣлать ахроматическія стекла, и старался опредѣлить форму такого стекла. Но, увлекаясь одними математическими соображеніями въ предметѣ совершенно опытномъ, сбился съ истиннаго

пути; и потому всѣ его изслѣдыванія остались безъ успѣха. Наконецъ, младшій *Доллондъ*, превосходный Англ. художникъ, побуждаемый убѣжденіями Упсальскаго професора *Клингенштирна* (открывшаго ошибки Ньютона и Ейлера), испытывая разные виды стеколъ, открылъ, что нѣтъ никакой пропорціональности между ихъ средними преломленіями и величиною ихъ свѣторазсѣянія; что стекла флинт-гласъ и кровнгласъ имѣютъ среднее преломленіе почти одинакое, но величина свѣторазсѣянія перваго къ величинѣ свѣторазсѣянія втораго относилась какъ 3 : 2. Изъ сихъ то двухъ стеколъ Доллондъ 1758 года получилъ двѣ призмы, кои, бывъ сложены одна съ другою противоположно преломляющими углами, не разлагали примѣтно свѣтъ сквозь нихъ проходящій, хотя лучь свѣта еще значительно уклонялся отъ своего начальнаго направленія. Призма изъ кровнгласа имѣла преломляющій уголъ въ 30°, а призма изъ флинт-гласа имѣла преломляющій уголъ въ 19°.

Послѣ сихъ опытовъ Доллондъ открылъ возможность дѣлать предметныя стекла въ телескопахъ ахроматическія, употребляя два упомянутыя вида стеколъ. Онъ и дѣйствительно къ сему достигъ, соединивъ стекло выпуклое изъ кровнгласа съ вогнутыми изъ флинт-гласа; посему и сдѣлался изобрѣтателемъ *ахроматическихъ телескоповъ*.

Эйлеръ, выведенный опытами Доллонда на истинный путь, сказалъ величайшую услугу наукѣ, предпріятіемъ новаго труда въ пользу Оптики, и изданіемъ важнаго сочиненія : Dioptrica, auctore Euler; Petropoli, 1769 — 1771, коимъ онъ и загладилъ свою прежнюю ошибку.

445. Чтобы имѣть понятіе о составленіи ахроматическихъ стеколъ, разсмотримъ сперва составленіе призмъ ахроматическихъ. Для сего вообразимъ себѣ, что *красный лучъ* Sm (фиг. 241) проходитъ сквозь двѣ разнородныя прозрачныя призмы AX, BZ, описывая путь $Smom'o'r$. Пусть pm перпендикуляръ паденія, i уголъ паденія, r уголъ преломленія, a, a', b', b углы наклоненія луча съ плоскостями призмы AX, и пусть n, n' суть показатели преломленія краснаго луча, когда онъ переходитъ изъ воздуха въ сіи призмы: то для призмы AX имѣемъ

$$Sin.i = n.Sinr;$$

а для весьма малыхъ угловъ i и r будетъ

$$i = n.r, \text{ или}$$

$$90 - a = n(90 - a');$$

при точкѣ o будетъ $90 - b = n(90 - b')$:

а вычитая нижнее уравненіе изъ верхняго, получимъ

$$b - a = n(b' - a'), \text{ или}$$

$$b - a = nA,$$

потому что въ $\triangle Amo$, $\angle A = b' - a'$.

Пусть d есть уголъ отдаленія луча om' отъ луча Sm; онъ будетъ

$$d = 180^\circ - a - mko$$

$$= 180 - a - (A + 180^\circ - b)$$

$$= b - a - A, \text{ или}$$

$$d = A(n - 1).$$

Лучь om', пройдя сквозь вторую призму, получитъ направленіе $o'r$. Уголъ d' отдаленія лучей $o'r$ и om' также будетъ

$$d' = B(n' - 1).$$

А уголъ D отдаленія лучей $o'r$ и Sm будетъ

$$D = d + d' = A(n-1) + B(n'-1)\ (*).$$

Ежели лучь Sm будетъ дневной бѣлый, то, при его прохожденіи сквозь сіи призмы, каждый цвѣтный лучь его получитъ особое отклоненіе отъ начальнаго направленія. На прим. лучь фіолетовый отклонится на уголъ

$$D' = A(N-1) + B(N'-1),$$

гдѣ N, N' суть показатели преломленія для лучей фіолетовыхъ.

Выраженія для D и D' не зависятъ отъ разстоянія и взаимнаго наклоненія плоскостей Ao, Bm' призмъ: а сіе показываетъ, что величины для D, D' не перемѣнятся, если сіи призмы будутъ сложены одна съ другою своими плоскостями Ao, Bm'.

Чтобы призма была ахроматическою для лучей красныхъ и фіолетовыхъ, нужно чтобы они по выходѣ сдѣлались параллельными другъ другу: тогда $D = D'$, и
$A(n-1) + B(n'-1) = A(N-1) + B(N'-1)$; откуда

$$\frac{A}{-B} = \frac{N'-n'}{N-n}.$$

Какъ $N > n$, $N' > n'$, то количество $\frac{A}{B}$ должно быть положительное; а сіе можетъ быть только тогда, когда мы поворотимъ призмы преломляющими углами A, B въ противныя стороны, какъ показываетъ (фиг. 242). *Углы сіи должны быть обратно пропорціональны свѣторазсѣянію, производимому призмами имъ соотвѣтственными.*

444. Очевидно, что посредствомъ двухъ такихъ

(*) Для трехъ призмъ уголъ отклоненія былъ бы
$A(n-1) + B(n'-1) + C(n''-1)$.

призмъ приведутся въ параллелизмъ только лучи красные и фіолетовые, а прочіе лучи не будутъ еще параллельными съ ними; и что для произведенія совершеннаго ахроматизма надлежитъ употребить столько призмъ, сколько находится разнородныхъ лучей въ солнечномъ свѣтѣ.

Впрочемъ опытъ показываетъ, что какъ скоро двумя призмами приведутся въ параллелизмъ крайніе лучи, либо посредствомъ трехъ призмъ сдѣлаются между собою параллельными лучи красные, фіолетовые и зеленые; то прочіе лучи столь мало отступаютъ отъ параллельности съ оными, что глазъ во вся не замѣчаетъ свѣторазсѣянія, смотря на предметы сквозь сіи призмы.

445. Зная составленіе ахроматической призмы изъ двухъ разнородныхъ призмъ, можно уже составить и ахроматическое стекло изъ двухъ либо трехъ разнородныхъ стеколъ; ибо, всякое сферическое стекло можно себѣ представлять тѣломъ, состоящимъ изъ кольцеобразныхъ призмъ. И такъ предложимъ себѣ вопросъ о построеніи такого стекла изъ двухъ прозрачныхъ тѣлъ.

Пусть DE (фиг. 243) есть одно стекло двояко-выпуклое, коего радіусы кривизны суть $O'B = R'$, $AO = -R$, и главное фокусное разстояніе $BF = F$. Пусть DH есть второе стекло, сдѣланное изъ другаго вещества, которое сложено съ первымъ такъ плотно, чтобы онѣ имѣли общую кривизну DBE, и чтобы толстоту BC можно было счесть ничтожною. Постараемся опредѣлить, какую сферическую кривизну должно дать второму стеклу, чтобы система оныхъ стеколъ могла производить ахроматическія изображенія.

Пусть F′ есть неизвѣстное фокусное разстояніе втораго стекла, R и R″ его радіусы кривизны. Предположимъ также, что n : 1 есть показатель преломленія свѣта въ стеклѣ DE, и n' : 1 показатель преломленія во второмъ стеклѣ DH : то отношеніе между n, R, R′, F въ первомъ стеклѣ изобразится формулою (375,5)

$$(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)=\frac{1}{F},$$

а во второмъ стеклѣ

$$(n'-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R''}\right)=\frac{1}{F'},\ \text{или}\ \frac{1}{F'}=\frac{1}{D'}+\frac{1}{f'}$$

означая чрезъ D′ разстояніе предмета отъ втораго стекла, чрезъ $f' = CF'$ то разстояніе, на которомъ за вторымъ стекломъ составляется окончательное изображеніе.

Какъ изображеніе предмета весьма отдаленнаго, произведенное первымъ стекломъ, будетъ находиться въ его фокусѣ F; а сіе изображеніе для втораго стекла служитъ предметомъ; то $D' = -F$ (ибо находится по другую сторону стекла); слѣдственно

$$\frac{1}{F'}=\frac{1}{-F}+\frac{1}{f'}\ \text{или}\ \frac{1}{f'}=\frac{1}{F}=\frac{1}{F'}.$$

А подставляя на мѣсто $\frac{1}{F}$ и $\frac{1}{F'}$ ихъ выраженія, получаемъ

$$\frac{1}{f'}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)+(n'-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R''}\right).$$

Положимъ, что n, n', f, суть величины, принадлежащія только лучамъ *краснымъ*, слѣдственно f' опредѣляетъ разстояніе краснаго изображенія предмета : то, означивъ чрезъ N : 1 и N′ : 1 показателей преломленія для лучей фіолетовыхъ въ первомъ и во второмъ стек-

лѣ, и чрезъ f'' разстояніе фіолетоваго изображенія, получится также

$$\frac{1}{f''} = (N-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right) + (N'-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right).$$

А чтобы изображеніе было ахроматическое, то нужно, чтобъ было $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f''}$, или

$$(N-n)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right) + (N'-n')\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R''}\right) = o$$

Симъ-то уравненіемъ и выражается отношеніе между n, n', N, N′, R, R′, R″ въ ахроматическомъ стеклѣ, составленномъ изъ двухъ разнородныхъ тѣлъ. Изъ сего уравненія уже легко найти радіусъ R″ кривизны КСН, по даннымъ прочимъ вещамъ.

Для примѣра положимъ, что выпуклое стекло DE состоитъ изъ кровигласа, а стекло DH изъ флинтгласа, что $R' = 2R$; то, зная, что $n = 1{,}54$, $n' = 1{,}585$, $N = 1{,}56$, $N' = 1{,}615$, получимъ изъ найденной формулы $R'' = -\frac{1}{2}R$.

Отрицательный знакъ показываетъ, что поверхность КСН должна быть вогнутая, и слѣдственно все стекло DH должно быть двояко-вогнутое.

Объ устроеніи ахроматическихъ телескоповъ см. Practische Dioptrik als vollständige und gemein fassliche Anleitung zur Ververtigung achromatischer Fernröhre u. s. w. v. I. I. *Prechtl.* Wien 1828. 296. S.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Объ интерференціи и диффракціи свѣта, и о цвѣтахъ тонкихъ пластинокъ.

Интерференція свѣта.

446. *Интерференціею свѣта* (interference, Interferenz) называется взаимное дѣйствіе лучей онаго при взаимномъ ихъ пересѣченіи. Слѣдующій опытъ показываетъ, въ чемъ состоитъ оное дѣйствіе.

Впустимъ цилиндрическій пучекъ свѣта въ темную комнату, и примемъ его на выпуклое стекло съ весьма короткимъ фокуснымъ разстояніемъ: тогда его лучи соберутся въ одну точку S (фиг. 244), и изъ оной будутъ расходится въ видѣ конуса. Сіи лучи, на разстояніи около 7 футовъ примемъ на два плоскихъ металлическихъ зеркала ED, DF, соединенныхъ между собою въ D подъ угломъ EDF весьма близкимъ къ 180°. Тогда они, отразившись оными зеркалами, пойдутъ такъ, какъ бы они приходили отъ изображеній B и A свѣтящейся точки S за сими зеркалами (350,2), и будутъ между собою пересѣкаться подъ весьма острыми углами. Если отраженные лучи принять на бѣлую бумагу или на матовое стекло, то на ней представится рядъ свѣтлыхъ полосъ, окрашенныхъ разными цвѣтами; а ежели падающій свѣтъ будетъ *простой* (на пр. красный), то на бумагѣ окажется рядъ полосъ тогоже цвѣта, раздѣленныхъ одна отъ другой темными промежутками. Сіе-то дѣйствіе лучей и называется *интерференціею*. Оно показываетъ, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ лучи свѣта между собою встрѣчаются подъ весьма малыми углами, происходитъ либо усили-

ваніе, либо ослабленіе и даже уничтоженіе свѣта. Сіе явленіе открыто еще Док. *Юнгомъ* въ 1800 году, и съ великою подробностію изслѣдовано было Французскимъ ученымъ *Френелемъ* съ 1815 года.

Существованіе свѣтлыхъ и темныхъ полосъ еще лучше можно видѣть, если изъ какой ни есть точки b будемъ смотрѣть на зеркала сквозь микроскопическое стекло. Тогда увидимъ по линіямъ Ab, Bb изображенія A, B свѣтящейся точки, и рядъ свѣтлыхъ полосъ, отдѣленныхъ темными промежутками. Сіи полосы будутъ параллельны между собою, перпендикулярны къ линіи AB соединяющей два изображенія, и имѣютъ между собою равныя разстоянія. Изъ нихъ свѣтлая полоса, соотвѣтственная серединѣ AB, есть самая блестящая, и лежитъ между двумя самыми темнѣйшими полосами. Сила же свѣта прочихъ полосъ постепенно уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ средней. Это явленіе производится лучами всякаго цвѣта: разность замѣчается только въ томъ, что полосы, произведенные свѣтомъ фіолетовымъ, имѣютъ самую меньшую величину, и самые меньшіе промежутки между собою; а полосы краснаго цвѣта имѣютъ и ширину и разстоянія наибольшія.

447. Вычисляя пути, перейденные лучами свѣта, образующими разныя полосы, найдено: 1) что средняя блестящая полоса производится лучами, коихъ пути, считая отъ свѣтящейся точки S, имѣютъ равныя длины; 2) что первая свѣтлая полоса по правую и по лѣвую сторону средней производится лучами, коихъ разность путей постоянна, и равна нѣкоторому количеству d; 3) что вторая свѣтлая полоса (по ту и по

другую сторону средней) образуется лучами, между путями коихъ разность равна $2d$; для третьихъ полосъ сія разность $= 3d$, и т. д. 4) Промежуточныя темныя полосы образуются лучами (считая отъ средней), коихъ разности путей составляютъ прогрессію $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$, ... 5) Численная величина для d не одинакова для различныхъ лучей свѣта: она для красныхъ лучей получается наибольшая, для оранжевыхъ менѣе, и т. д., а для фіолетовыхъ самая меньшая.

Цвѣтныя полосы уничтожаются, если заслонить одно зеркало картонною бумагою, чтобъ недопустить до него лучи свѣта, идущіе отъ S: а сіе показываетъ, что темныя и свѣтлыя полосы происходятъ только отъ взаимнаго пересѣченія лучей, отраженныхъ отъ обоихъ зеркалъ.

448. По *системѣ истеченія* доселѣ нѣтъ возможности изъяснить явленій интерференціи свѣта. Но сіи же явленія вытекаютъ изъ *системы волненія*, какъ необходимыя слѣдствія. Для сего надлежитъ себѣ представлять, что цѣлая волна свѣтороднаго эѳира состоитъ изъ полу-волны сгущенной и полу-волны разрѣженной, и допустить, что величина d равна длинѣ волны свѣта въ воздухѣ. А чтобы на фиг. 244 изобразить двѣ системы волнъ, отраженныхъ зеркалами DF, DE, опишемъ изъ точекъ A, B, какъ центровъ, дуги круговъ, равно-отстоящія и отдѣленныя между собою промежутками равными полу-волненію, и означимъ полными линіями полу-волненія сгущенныя, а линіями пунктирными — полуволненія разрѣженныя. Полуволненія однородныя, встрѣчаясь между собою, сообщатъ эѳиру или вдвое большее сгущеніе или вдвое большее

разрѣженіе : отъ чего во всѣхъ оныхъ точкахъ должно произойти увеличеніе силы свѣта ; и сими точками составятся свѣтлыя линіи, означенныя на фигурѣ прямыми br, $b'r'$, $b''r''$. Не трудно усмотрѣть, что сіе дѣйствіе могутъ произвести только тѣ лучи, между путями коихъ будутъ разности o, d, $2d$, $3d$,.. Но когда встрѣчаются между собою полуволненія разнородныя (что происходитъ только тогда, когда разность между путями встрѣчающихся лучей будетъ $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$,...), то въ сихъ мѣстахъ движеніе эѳира уничтожается, и происходятъ темныя точки, коими составляются темныя линіи no, $n'o'$, $n''o''$...

449. Принимая Δbni за прямолинейный и равнобедренный, имѣемъ изъ онаго

$$\text{Sin}.bni = \frac{ib}{bn},\ \text{или}\ bn = \frac{ib}{\text{Sin}.bni}.$$

Но какъ стороны угла bni перпендикулярны къ сторонамъ $AbB = i$, и слѣдов. $\angle bni = i$; посему

$$bn = \frac{ib}{\text{Sin}i},\ \text{или}\ 2bn = \frac{2ib}{\text{Sin}.i} = nn'.$$

Изъ сего видно, что *разстояніе* nn' *между двумя послѣдовательными темными либо свѣтлыми полосами равняется длинѣ* $2ib$ *волны, раздѣленной на синусъ угла, подъ коимъ лучи взаимно пересѣкаются.* Изъ сей формулы нетрудно находить длину волненія $2ib$, когда будутъ извѣстны nn' и уголъ i. Такимъ образ. *Френель*, съ помощію собственныхъ наблюденій и наблюденій Ньютона въ отношеніи къ явленіямъ цвѣтныхъ колецъ, нашелъ, что

		Длина волненія.
для лучей фіолетовыхъ	.....	$d = 0{,}000423$ миллим.
— синихъ	....	$0{,}000449$ —

—	голубыхъ	0,000475	—
—	зеленыхъ	0,000512	—
—	желтыхъ	0,000551	—
—	оранжевыхъ	0,000583	—
—	красныхъ	0,000620	—

450. Послѣ сего уже можно себѣ представить, отъ чего являются разноцвѣтныя полосы, когда на зеркала DF, DF бываетъ принятъ бѣлый свѣтъ. Въ семъ случаѣ лучи каждаго цвѣта производятъ свѣтлыя и темныя полосы различной ширины и различнаго разстоянія; отъ сего свѣтлыя полосы лучей одного цвѣта частію падаютъ на темныя мѣста между полосами другихъ лучей, и частію налегаютъ на оныя полосы, и такимъ образ. дѣлаются видимыми.

451. *Перемѣщеніе полосъ.* — Въ описанномъ нами опытѣ ежели пропустить сквозь воздухъ свѣтъ, идущій на зеркало DF, а свѣтъ, идущій къ зеркалу DF, пропустить сквозь тѣло, сильнѣе преломляющіе лучи свѣта, на прим. сквозь весьма тонкую пластинку стекла; то увидимъ, что средняя полоса и всѣ прочія перемѣстятся къ сторонѣ зеркала DE. Это явленіе показываетъ, что лучи, отраженные зеркаломъ DF, переходятъ въ семъ случаѣ большій путь, а лучи отраженные зеркаломъ DE — меньшій путь, прежде нежели они между собою встрѣчаются и производятъ тѣ же самыя полосы; или, что, отъ дѣйствія стеклянной пластинки, лучи сквозь нее проходящіе получаютъ замедленіе. Выводъ сей совершенно согласуется съ системою волненія, по коей требуется, чтобы свѣтъ быстрѣе распространялся въ воздухѣ, нежели въ тѣлахъ, имѣющихъ бо́льшую преломляющую силу: но онъ

совершенно противорѣчитъ системѣ Ньютоновой, по коей свѣтъ долженъ скорѣе распространяться въ стеклѣ нежели въ воздухѣ, и по коей перемѣщеніе полосъ должно бы произойти въ противную сторону. Симъ замѣчаніемъ обязаны мы Г. *Араго*.

452. Если измѣрить толстоту стеклянной пластинки, и перемѣщеніе средней полосы, то по вычисленію можно найти разность между длинами путей, перейденныхъ лучами свѣта производящими сію же полосу въ семъ новомъ ея положеніи. Сія разность покажетъ, на сколько свѣтъ замѣдлился, проходя сквозь пластинку стекла. Придавъ сію разность къ толстотѣ пластинки найдется тотъ путь, который проходитъ свѣтъ въ воздухѣ въ то время, когда другой лучь свѣта проходитъ сквозь помянутую пластинку. А раздѣливъ оный путь на толстоту пластинки, получится отношеніе скорости свѣта въ воздухѣ къ скорости его въ стеклѣ, или *показатель преломленія* стекла въ отношеніи къ воздуху. *Араго* и *Френель* опредѣляли такимъ образомъ показателей преломленія для разныхъ тѣлъ, и нашли ихъ совершенно согласными съ показателями, выводимыми изъ непосредственныхъ опытовъ. Сей способъ весьма хорошо примѣняется и къ нахожденію показателей преломленія въ газахъ и парахъ, и столь точенъ, что показываетъ малѣйшія разности, коихъ ни какими другими способами открыть не возможно.

453. Отношеніе между скоростями свѣта въ воздухѣ и въ тонкой пластинкѣ, или показателя преломленія для сей послѣдней, можно находить *посредствомъ чиселъ волненій, совершаемыхъ однороднымъ лучемъ свѣ-*

та на одинакой толстотѣ воздуха и оной пластинки. Для сего надлежитъ помнить, что когда свѣтъ переходитъ изъ воздуха на прим. въ стекло; то его скорость распространенія и длина его волны пропорціонально уменьшаются, только продолженіе волненій остается неизмѣннымъ : такъ что $V:v = L:l$, если V, v суть скорости распространенія, а L, l длины волнъ въ воздухѣ и стеклѣ. Такимъ образомъ, въ предъидущемъ опытѣ можно сказать, что средняя полоса перемѣстилась въ сторону стеклянной пластинки отъ того, что длины волнъ свѣта въ стеклѣ были короче, нежели въ воздухѣ, а продолженіе каждаго волненія оставалось постоянно въ обоихъ тѣлахъ: слѣдовательно, при одинакомъ числѣ волненій, или въ одно и то же время, путь луча, прошедшаго сквозь пластинку, долженъ быть менѣе. — И такъ, ежели свѣтъ, на пространствѣ E, въ воздухѣ совершаетъ N волненій, коихъ длина L, а въ стеклѣ дѣлаетъ n волненій, коихъ длина l, на томъ же пространствѣ E; то будетъ $E = L.N$, $E = l.n$, или $L:l = n:N = V:v$. Зная сіе, предположимъ, что средняя полоса (451) перемѣстилась черезъ 20 полосъ : это показываетъ что лучь, прошедшій сквозь стеклянную пластинку, сдѣлалъ въ оной 20 полуволненій болѣе, нежели лучь прошедшій сквозь такую же пластинку воздуха; потому что ширина каждой полосы соотвѣтствуетъ разности, равной одному полуволненію въ перейденныхъ путяхъ. Теперь, зная толстоту сей пластинки, и длину полуволненія употребленнаго свѣта, можно найти число N полуволненій совершенныхъ въ такой же толстотѣ пластинки воздуха; а придавъ къ сему числу 20, получится число n полуволненій, сдѣланныхъ

свѣтомъ въ самой пластинкѣ стекла. Послѣ сего, по пропорціи $V : v = n : N$, найдется отношеніе V къ v, которое точно будетъ равно показателю преломленія свѣта для стекла.

Диффракція или уклоненіе свѣта.

454. Если въ темную комнату провесть коническій пучекъ свѣта, поставить поперегъ его тонкую проволоку, и измѣрить тѣнь сей проволоки, принятую на бѣлую бумагу; то откроемъ, что она будетъ гораздо шире, нежели каковою она должна быть по ея разстоянію до проволоки, и по прямолинейному распространенію свѣта. Сверхъ сего увидимъ, что тѣнь проволоки съ обоихъ сторонъ будетъ ограничена цвѣтными каймами. Сіе-то измѣненіе свѣта, проходящаго мимо краевъ тѣлъ, называется *диффракціею* или *уклоненіемъ*. Оно замѣчено еще Г. *Грималди*, и въ позднѣйшее время изслѣдываемо было опытами *Френеля*, *Фрауенгофера*, и другихъ.

455. Уклоненіе свѣта можетъ быть наблюдаемо различнымъ образомъ. Но чтобы видѣть оное въ надлежащей явственности, должно отразить въ горизонтальномъ направленіи лучи свѣта посредствомъ геліостата, и цилиндрическій пучокъ оныхъ провесть въ темную комнату (фиг. 245); собрать оные посредствомъ выпуклаго стекла LL' въ одну точку F, изъ которой бы сіи лучи расходились въ видѣ конуса. А чтобы производить опыты надъ лучами свѣта *однородными*, пропустимъ оный свѣтъ сквозь цвѣтное стекло VV', сквозь которое бы проходили лучи одного

цвѣта. Приготовивъ сіе, поставимъ поперегъ лучей свѣта желѣзный листъ EC (или иную какую дощечку), у котораго бы прямолинейный край E былъ тонокъ и чистъ, и падающую отъ него тѣнь примемъ на бѣлую доску TT′, либо на стекло, имѣющее сзади матовую поверхность. Смотря сквозь оное стекло, увидимъ: 1) что прямая FEG не будетъ точно линіею отдѣла тѣни отъ свѣта; 2) по правую сторону сей прямой стекло не будетъ казаться совершенно чернымъ, но будетъ слабо освѣщено на значительное разстояніе; 3) по лѣвую же сторону увидимъ нѣсколько свѣтлыхъ полосъ a, a', a'', a''', отдѣленныхъ одна отъ другой темными полосами b, b', b''... Изъ нихъ полоса a есть самая свѣтлая, а прочія становятся постепенно слабѣе, по мѣрѣ ихъ удаленія. 3) Въ каждой полосѣ наибольшая сила свѣта находится въ серединѣ, отъ коей постепенно слабѣетъ въ обѣ стороны и такимъ образомъ переходитъ въ темную полосу. 5) Всѣ оныя полосы начинаются отъ края E, и продолжаются до стекла TT′ по *гиперболическимъ кривымъ линіямъ*, коихъ вершина находится въ E. 6) Природа и толстота листа EC не имѣетъ ни какого вліянія на ширину и положеніе свѣтлыхъ и темныхъ полосъ. 7) Но, при тѣхъ же обстоятельствахъ, ширина свѣтлыхъ полосъ бываетъ различна для различныхъ лучей свѣта: фіолетовые лучи производятъ полосы самыя узкія, а красные лучи — самыя широкія. 8) Если для опыта употребленъ будетъ свѣтъ бѣлый, то темныхъ полосъ не будетъ; а покажутся три каймы, окрашенныя разными цвѣтами. Считая отъ тѣни, *въ первой каймѣ* цвѣты слѣдуютъ въ порядкѣ: фіолетовый, синій, бледно-голубый, зеленый, желтый и красный; *во*

второй каймѣ : голубой, желтый и красный ; въ третьей : бледно-голубой, бледножелтый и красный. Конечно сіи цвѣтныя каймы произходятъ отъ того, что, при прохожденіи свѣта мимо края E, разные лучи производятъ полосы собственнаго цвѣта различной ширины, кои отчасти другъ друга закрываютъ, и отчасти падаютъ на темныя мѣста другихъ полосъ, и такимъ образомъ становятся видимыми.

456. И сего измѣненія свѣта нельзя изъяснить по системѣ истеченія. Въ системѣ же волненія допускаютъ, что, когда свѣтородныя волны, распространяющіяся отъ точки F, встрѣчаютъ край E, то онъ самъ дѣлается центромъ дрожательнаго движенія, около коего образуются новыя волненія, подобно тому, какъ сіе замѣчается надъ волнами капельныхъ жидкостей (244). Оныя двѣ системы волнъ, пересѣкаясь между собою, производятъ, посредствомъ интерференціи, рядъ свѣтлыхъ и темныхъ полосъ, кои необходимо должны лежать на гиперболахъ, имѣющихъ вершину въ E (фиг. 245).

457. Если въ предъидущемъ опытѣ вмѣсто широкаго листа EC употребимъ узкую непрозрачную пластинку MM (фиг. 246) отъ 2 до 3 миллиметровъ въ поперечникѣ, имѣющую прямолинейныя края, либо проволоку, и внесемъ оную въ *однородные* лучи свѣта, разходящіеся изъ точки F; тогда на матовомъ стеклѣ TT′ замѣтимъ: 1) внѣ тѣни GG′, то есть въ GT, G′T′, цвѣтныя полосы, отдѣленныя темными промежутками; сіи полосы называются *внѣшними*. 2) Тѣнь GG′ также будетъ раздѣлена свѣтлыми и темными полосами, кои называются *внутренними*, и различаются отъ внѣшнихъ тѣмъ, что тоньше сихъ послѣднихъ и болѣе

сближены между собою. Самую середину ихъ занимаетъ свѣтлая полоса. 3) Посредствомъ свѣта фіолетоваго производятся самыя узкія полосы какъ внутреннія такъ и внѣшнія, а посредствомъ свѣта краснаго — самыя широкія. 4) Природа и толстота края тѣла MM не имѣетъ вліянія на ширину и положеніе тѣхъ и другихъ полосъ. 5) Сіи полосы также лежатъ на гиперболахъ. 6) Если свѣтъ, идущій мимо одного края пластинки MM будетъ остановленъ непрозрачнымъ листомъ C, поставленнымъ впереди или позади MM, то въ пространствѣ GC′ исчезаютъ всѣ внутреннія полосы (Юнгъ). А сіе показываетъ, что для произведенія внутреннихъ полосъ необходимъ свѣтъ, идущій мимо обоихъ краевъ пластинки MM. 7) Полосы внутреннія не уничтожатся, если пластинка C будетъ стеклянная (или изъ другаго прозрачнаго тѣла) съ парелельными плоскостями; но только перемѣстятся въ сторону оной пластинки, подобно тому, какъ сіе видѣли въ опытѣ интерференціи свѣта (451).

458. Можно еще наблюдать диффракцію свѣта, проводя оный сквозь малое отверстіе или сквозь узкій прорѣзъ. Для сего должно направить свѣтъ въ темную комнату сквозь узкое и длинное отверстіе; принять сей свѣтъ въ узкій прорѣзъ CO, сдѣланный въ желѣзномъ листѣ MN (фиг. 247), и приходящій свѣтъ принять на матовое стекло TT′, или, еще лучше въ хорошій ахроматическій телескопъ, какъ сіе дѣлалъ Фрауенгоферъ: то, смотря въ сей телескопъ, увидимъ по серединѣ его поля зрѣнія свѣтлую полосу, а по обѣ ея стороны рядъ цвѣтныхъ каймъ (455), кои простираются внутрь геометрическихъ тѣней краевъ отверстія CO. Если будемъ постепенно дѣлать уже отверстіе

у перегородки MN, то цвѣтныя изображенія будутъ отодвигаться отъ середины поля зрѣнія, и дѣлаться ширѣ, и на оборотъ. Если отверстіе СО будетъ малое квадратное, то свѣтъ будетъ уклоняться всѣми его краями, и въ телескопѣ покажется цвѣтной крестъ. Если отверстіе будетъ круглое, то оно покажется окружено разноцвѣтными каймами. — Когда же сквозь узкій прорѣзъ пропущенъ будетъ свѣтъ простой (на пр. желтый), то въ телескопѣ покажется рядъ свѣтлыхъ полосъ a, a, a', a', отдѣленныхъ темными промежутками b, b, b', b'; и средняя полоса будетъ чище и яснѣе прочихъ. Если же оный свѣтъ пропущенъ будетъ сквозь малое круглое отверстіе; то въ телескопѣ увидимъ свѣтлое пятно, окруженное цвѣтными кольцами, кои будутъ отдѣлены темными промежутками. Лучи фіолетовые и здѣсь также производятъ самыя узкія кольца свѣтлыя и темныя; а лучи красные — самыя широкія.

459. Упомянутыя свѣтлыя и темныя полосы кажется происходятъ отъ того, что края С, О (фиг. 247) уклоняющаго отверстія, при прохожденіи свѣта, сами дѣлаются новыми центрами дрожанія, отъ коихъ распространяются волны свѣта; что сіи волненія, при встрѣчѣ между собою, производятъ оныя полосы посредствомъ интерференціи. На прим. въ точкахъ a', a', однородныя полу-волненія, пересѣкаясь между собою, образуютъ свѣтлыя полосы; а полуволненія разнородныя, пересѣкаясь при b, b', дѣлаютъ темныя полосы.

Когда же свѣтъ уклоняется посредствомъ пластинки MM или проволоки (фиг. 248), то каждый ея край M, M, дѣлается центромъ новыхъ волнъ. Отъ взаим-

наго пересѣченія сихъ волнъ происходятъ полосы внутри тѣни GG′; а отъ интерференціи сихъ же волнъ съ волненіями, непосредственно распространяющимися отъ свѣтящейся точки F, происходятъ внѣшнія полосы. Сіе изъясненіе заслуживаетъ вѣроятіе потому, что уклоненіе свѣта въ ономъ случаѣ имѣетъ великое сходство съ подобными же явленіями, замѣчаемыми надъ распространеніемъ волнъ по поверхности капельныхъ жидкостей (224); сверхъ сего мѣсто для каждой полосы, опредѣляемое по сей теоріи, получается то самое, которое находимъ изъ непосредственныхъ наблюденій.

460 Весьма любопытныя явленія диффракціи свѣта открываются, пропуская оный сквозь тончайшія решетки, сквозь многія круглыя или четыреугольныя отверстія. Явленія сего рода открыты Фрауенгоферомъ, и описаны въ Neue Modificationen des Lichts durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, u. s. w. von I. Frauenhofer. München. 1822. Также въ Elémens de phys. éxpér. par *Pouillet*. Tom. 2. seconde partie. Paris. 1830; и въ Traité élém. de physique, par E. *Péclet*. t. 2. 1830, гдѣ можно видѣть и самыя изслѣдыванія Г. Френеля съ достаточною подробностію.

О цвѣтахъ тонкихъ пластинокъ.

461. Тончайшія пластинки различныхъ тѣлъ твердыхъ, капельныхъ и воздухообразныхъ имѣютъ свойство разлагать свѣтъ падающій на ихъ поверхность, и, смотря по степени ихъ преломляющей силы и по степени тонкости, отражать отъ себя лучи извѣстныхъ цвѣтовъ, а сквозь себя пропускать лучи цвѣтовъ до-

полпительныхъ. Сіе дѣйствіе замѣчается въ листочкахъ слюды, сѣрнокислой извѣсти, въ мыльныхъ пузыряхъ, въ тонкомъ слоѣ масла, расплывшагося по водѣ, въ трещинахъ минералловъ особливо листоватаго сложенія (на пр. въ пластахъ слюды и гипса, въ Исландскомъ шпатѣ, опалѣ, и проч). Ежели сложить двѣ стеклянныя полированныя призмы своими плоскостями, и крѣпко придавить одну къ другой; то около точки наибольшаго прикосновенія въ тончайшемъ промежуткѣ между призмами покажется рядъ цвѣтныхъ полосъ, въ видѣ колецъ расположенныхъ. Явленіе цвѣтныхъ полосъ можно произвести, сложивши крѣпко всякія двѣ призмы, будутъ ли онѣ однородны или нѣтъ, лишъ бы хотя одна изъ нихъ была прозрачна. Ихъ можно произвести положивъ гладкое стекло на поверхность смолы, металла или всякаго другаго полированнаго тѣла. Сіи цвѣтныя полосы существуютъ между призмами положенными въ пустоту, произведенную воздушнымъ насосомъ. Онѣ удерживаются даже и тогда, когда два стекла будутъ накалены до размягченія, и вмѣстѣ слѣплены.

462. Но цвѣты сіи ни, гдѣ не образуются въ такой полнотѣ, какъ въ явленіяхъ цвѣтныхъ колецъ, открытыхъ и во всей подробности изслѣдованныхъ Ньютономъ. Онъ употребилъ для сего два стекла: плоское и двояко-выпуклое, которое съ обоихъ сторонъ имѣло равную и едва замѣтную кривизну; потому что его радіусъ равенъ былъ 51 Англ. футу. Если такое выпуклое стекло положить на стекло плоское, и нѣсколько придавить къ оному; то, въ точкѣ ихъ прикосновенія, покажется черное пятно, а около его ряды цвѣтныхъ колецъ, совершенно правильныхъ, усматри-

ваемыхъ посредствомъ свѣта, отражаемаго пластинкою воздуха, которой толстота идетъ непримѣтно увеличиваясь отъ центра колецъ. Въ семъ случаѣ, каждый круглый поясъ пластинки воздуха отражаетъ цвѣтные лучи, соотвѣтственные толстотѣ его. — Но и свѣтъ, проходящій сквозь два стекла, производитъ также цвѣтныя кольца, расположенныя по окружностямъ первыхъ, какъ можно въ семъ увѣриться, смотря сквозь оныя стекла. Только цвѣты сихъ колецъ бываютъ гораздо слабѣе, и суть дополнительные къ первымъ. Ряды цвѣтныхъ колецъ, начиная отъ точки прикосновенія стеколъ, замѣчаются слѣдующіе:

Ряды соотвѣтственныхъ колецъ:

	a) *видимые чрезъ отраженіе*	b) *видимые чрезъ прохожденіе свѣта.*
1-й рядъ :	Черное пятно, голубое кольцо, бѣлое, желтое и красное.	Бѣлое пятно, кольцо желтовато-красное, чорное, фіолетовое синее.
2-й рядъ :	Фіолетовое, голубое, зеленое, желтое и красное.	Бѣлое, желтое, красное, фіолетовое и синее.
3-й рядъ :	Пурпуровое, синее, зеленое, желтое и красное.	Зеленое, желтое, красное, и голубовато-зеленое.
4-й рядъ :	Зеленое и красное.	Красное и голубовато-зеленое.
5-й рядъ :	Зеленовато-голубое, красное.	Красное.

Послѣдующіе за сими ряды колецъ кажутся весьма слабыми и неопредѣлительными, и весьма скоро сливаются въ непримѣтный бѣлый цвѣтъ.

463. Почти невозможно было бы измѣрить непосредственно толстоты круглыхъ пластинокъ воздуха, въ коихъ видимы бываютъ различныя кольца : но, къ

щастію, познаніе ихъ діаметровъ совершенно достаточно для опредѣленія оныхъ толстотъ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть MAN (фиг. 248) есть выпуклое стекло, прикасающееся къ точкѣ A къ стеклу совершенно плоскому aa'; AO радіусъ кривизны; $2AO = D$ діаметръ кривизны. Положимъ, что глазъ видитъ два кольца, коихъ діаметры суть mm', nn'; толстоты пластинокъ воздуха имъ соотвѣтственныхъ будутъ ma, nb. Изъ свойствъ круга извѣстно, что

$$mx^2 = Ax(D - Ax) = am(D - Ax),$$
$$nz^2 = Az(D - Az) = bn(D - Az).$$

Ежели стекло имѣетъ весьма большой діаметръ D, или непримѣтную кривизну, то количества $D - Ax$, $D - Az$ можно принять равными безъ ощутительной погрѣшности. Отъ чего получится

$$am : bn = mx^2 : nz^2 = mm'^2 : n'n^2,$$

то есть, что *толстоты* am, bn *пластинокъ воздуха пропорціональны квадратамъ діаметровъ колецъ имъ соотвѣтственныхъ*. Слѣдственно, изъ сей пропорціи, по даннымъ діаметрамъ $m'm$, $n'n$ и одной толстотѣ am, отъищется другая bn.

464. Воспользовавшись онымъ замѣчаніемъ, Ньютонъ *измѣрилъ діаметры колецъ, видимыхъ чрезъ отраженіе, въ самой блистательнѣйшей части ихъ орбитъ*, и, сравнивая квадраты сихъ діаметровъ, начиная съ меньшаго, нашелъ, что они составляютъ прогрессію нечетныхъ чиселъ 1, 3, 5, 7, . . . ; изъ сего и заключилъ, что толстоты пластинокъ воздуха, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ являются кольца соотвѣтственныя симъ діаметрамъ, составляютъ такую же прогрессію. Ньютонъ *измѣрилъ также діаметры колецъ въ темнѣйшихъ частяхъ ихъ*, начиная отъ центральнаго пятна, и сравнивъ

квадраты ихъ, нашелъ, что они составляютъ прогрессію 0, 2, 4, 6, 8 . . . Слѣдственно и толстоты пластинокъ воздуха въ темнѣйшихъ частяхъ возрастаютъ въ такой же прогрессіи.

465. Сей законъ послѣдованія колецъ достаточно показываетъ намъ, отъ чего кольца, по мѣрѣ своего удаленія отъ центра, становятся ближе одно къ другому. Ибо, ежели квадраты діаметровъ слѣдуютъ прогрессіи 1, 3, 5, . . . или 0, 2, 4, 6 . . . ; то самые діаметры пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ оныхъ чиселъ. Но если въ самомъ дѣлѣ извлечемъ корни изъ оныхъ чиселъ, то увидимъ, что разность между сими корнями, а слѣдственно и разность между послѣдовательными діаметрами колецъ дѣлается менѣе и менѣе.

466. Зная отношеніе между діаметрами колецъ, Ньютонъ старался измѣрить и толстоты пластинокъ воздуха, имъ соотвѣтственныя. Употребивши для сего выпуклое стекло, имѣющее діаметръ сферы во 182 Англ. дюйма, онъ нашелъ, что пятое темное кольцо имѣло радіусъ въ $\frac{8}{79}$ дюйма; а изъ выраженія

$$am = \frac{mx^2}{D - Ax}, \text{ (фиг. 249)}$$

или приближеннаго $am = \frac{mx^2}{D} = \frac{(\frac{8}{79})^2}{182} = \frac{1}{17747,84}$, онъ получилъ толстоту пояса воздуха противъ *пятаго темнаго кольца.* Потомъ изъ пропорціи

$$x : \frac{1}{17747,84} = 2 : 10 = 1 : 5$$

нашелъ толстоту x воздуха противъ *перваго темнаго кольца,* равною $\frac{1}{88739}$ дюйма.

При измѣреніи діаметровъ колецъ должно смотрѣть

на оныя по оси выпуклаго стекла изъ опредѣленной точки: ибо, при косвенномъ разсматриваніи, кольца становятся ширѣ и діаметры ихъ болѣе. Но, и при разсматриваніи по оси, діаметры колецъ должны казаться нѣсколько въ большемъ видѣ по причинѣ косвенности лучей зрѣнія, идущихъ отъ ихъ концовъ; почему, сдѣлавъ надлежащую поправку въ семъ отношеніи, Ньютонъ получилъ истинную толстоту воздуха для перваго темнаго кольца равною $\frac{1}{89000}$ дюйма. Послѣ сего, по пропорціи

$$x : \frac{1}{89000} = 1 : 2$$

получилъ толстоту $x = \frac{1}{178000}$ воздуха, соотвѣтственную *первому блестящему кольцу*. Слѣдственно, толстоты пластинокъ воздуха, соотвѣтствующія самымъ свѣтлымъ частямъ колецъ, получились

$$\frac{1}{178000},\ \frac{3}{178000},\ \frac{5}{178000},\ \ldots$$

а для темнѣйшихъ частей колецъ

$$\frac{2}{178000},\ \frac{4}{178000},\ \frac{6}{178000},\ \ldots$$

гдѣ все выражено въ частяхъ Англ. дюйма.

467. Тѣ же самыя цвѣтныя кольца и совершенно въ томъ же порядкѣ показываются въ пластинкѣ воды, виннаго спирта или масла, помѣщенной между плоскимъ и выпуклымъ стекломъ на мѣсто воздуха; онѣ бываютъ и тогда, когда между оными стеклами будетъ произведена безвоздушная пустота. Разность между ними состоитъ только въ живости цвѣтовъ и въ величинѣ діаметровъ колецъ. Кольца того же ряда и номера имѣютъ наибольшіе діаметры и большую живость цвѣтовъ въ воздухѣ разрѣженномъ, нежели обыкновенномъ; гораздо меньшихъ діаметровъ и меньшей живости представляются кольца въ пластинкѣ воды или виннаго спирта. Слѣдственно *одни и тѣже коль-*

ца въ пластинкахъ различныхъ тѣлъ соотвѣтствуютъ разнымъ толстотамъ. А сравнивая толстоты пластинокъ двухъ тѣлъ, отражающія одинъ и тотъ же цвѣтъ, найдется, что онѣ *обратно пропорціональны показателямъ преломленія, при переходѣ свѣта изъ воздуха въ оныя тѣла.* На прим. если измѣрить діаметры двухъ колецъ того же ряда и цвѣта, произведенныхъ *водою* и *воздухомъ*, то найдется, что они относятся между собою какъ 7 : 8; а квадраты ихъ или толстоты пластинокъ воды и воздуха, имъ соотвѣтственныя, относятся какъ 49 : 64 почти $1 : \frac{4}{3}$; гдѣ $\frac{4}{3}$ и есть показатель преломленія для воды. И вообще, толстоты *e*, E какого ни есть тѣла и воздуха, отражающія тотъ же цвѣтъ, относятся

$$e : E = 1 : n, \text{ или } e = \frac{E}{n},$$

гдѣ *n* есть показатель преломленія для тѣла *e*.

468. Изъ сего видно, что, имѣя таблицу толстотъ E, при коихъ отражаются различные цвѣты отъ пластинокъ воздуха, легко находить толстоты *e* другихъ тѣлъ, отражающія тѣже цвѣты, когда для каждаго тѣла извѣстенъ будетъ показатель *n* преломленія. Толстоты же пластинокъ воздуха, въ коихъ усматриваются послѣдовательные цвѣты колецъ съ величайшею точностію вычислены Ньютономъ въ милліонныхъ доляхъ Англ. дюйма, и содержатся въ слѣдующей табличкѣ

Цвѣты отраженные.		*Толстота пластинокъ*	
		воздуха.	*воды.*
1-й рядъ :	Весьма черный	0,50	0,38
	Черный	1,00	0,75
	Начало чернаго	2,00	1,50

	Голубой (бѣловатый)	2,40	1,80
	Бѣлый (серебристый)	5,25	3,88
	Желтый (соломенный)	7,11	5,33
	Оранж. (сух. померанц. корки)	8,00	6,00
	Крас. (géranium sangvineum)	9,00	6,75
2-й рядъ :	Фіолетовый (пары іода)	11,17	8,38
	Синій (индиговый)	12,83	9,62
	Голубой (кобольтовой)	14,00	10,50
	Водянозеленый	15,12	11,33
	Лимонно-жолтый	16,29	12,20
	Оранж. (свѣжаго померанца)	17,22	13,00
	Красный весьма яркій	18,33	13,75
	Красный пунцовый	19,67	14,75
3-й рядъ :	Пурпуровый	21,00	15,75
	Синій	22,10	16,57
	Голубой (Берлин. лазурь)	23,40	17,53
	Травянозеленый	25,20	18,90
	Желтый (древесный)	27,14	20,33
	Красный (розовый)	29,00	21,75
	Голубовато-красный	32,00	24,00
4-й рядъ :	Голубовато-зеленый	34,00	25,50
	Изумрудно-зеленый	35,29	26,50
	Желтовато-зеленый	36,00	27,00
	Красный бледно-розовый	40,33	30,25
5-й рядъ :	Зеленовато-голубой (водян.)	46,00	34,10
	Бледно-розовый	52,50	39,38
6-й рядъ :	Зеленовато-голуб. (слабый)	58,75	44,00
	Легкій розовый	65,00	48,75
7-й рядъ :	Зеленоватоголубой (весьма	71,00	53,25
	Красновато-бѣлый (слабые	77,00	57,75.

И такъ, если пластинка слюды отражаетъ отъ себя голубой цвѣтъ третьяго ряда, при перпендикулярномъ направленіи къ своей плоскости; то, зная, что показатель преломленія для слюды $n = 1,53$, и зная изъ таблицы, что толстота пластинки воздуха, отражаю-

щая оный цвѣтъ есть $E = 23,4$, найдется толстота слюдяной пластинки $e = \frac{23,4}{1,53} = 15,3$.

469. Всѣ вышеразсмотрѣнныя явленія были производимы свѣтомъ бѣлымъ, и потому казались сложны по причинѣ различной преломчивости разнородныхъ его лучей : посему Ньютонъ, чтобы видѣть явленія во всей простотѣ, проводилъ простые лучи свѣта въ темную комнату, принималъ оные на плоское и выпуклое стекло (фиг. 249), и открылъ слѣдующія явленія :

1) Всякой простой лучь производитъ кольца только собственнаго цвѣта, какъ при отраженіи, такъ при своемъ прохожденіи. Такимъ об. красный свѣтъ производитъ кольца совершенно красныя, желтый свѣтъ — желтыя, и т. д.

2) Кольца сіи отдѣляются темными промежутками, и отъ того бываютъ явственнѣе, нежели при дневномъ свѣтѣ ; такъ что можно замѣтить большее число оныхъ. Онѣ сближаются одно къ другому, по мѣрѣ ихъ удаленія отъ центра, и не образуютъ простыхъ математическихъ линій, но имѣютъ опредѣленную ширину, въ которой сила свѣта по обѣ стороны постепенно уменьшается. *Порядокъ же колецъ, видимыхъ посредствомъ отраженнаго свѣта*, есть слѣдующій : въ точкѣ касанія стеколъ замѣчается черное пятно, за коимъ слѣдуетъ цвѣтное кольцо, а за онымъ темное кольцо, и опять цвѣтное кольцо, и т. д.

3) Измѣривъ діаметры колецъ, видимыхъ чрезъ отраженіе, въ самыхъ свѣтлыхъ точкахъ ихъ орбитъ, Ньютонъ нашелъ, что квадраты сихъ діаметровъ составляютъ прогрессію нечетныхъ чиселъ 1, 3, 5, . . . какимъ бы простымъ свѣтомъ ни производились оныя

кольца. А измѣривъ діаметры темныхъ колецъ въ самыхъ темнѣйшихъ частяхъ, онъ нашелъ, что квадраты ихъ составляютъ прогрессію четныхъ чиселъ 0, 2, 4, 6, . . . Изъ сего слѣдуетъ, что толстоты воздуха, соотвѣтственныя онымъ периметрамъ колецъ, возрастаютъ въ такой же прогрессіи.

4) Свѣтъ, проходящій сквозь стекла, также образуетъ цвѣтныя кольца того же цвѣта, отдѣленные темными промежутками. Но въ семъ случаѣ цвѣтныя кольца точно соотвѣтствуютъ темнымъ кольцамъ, видимымъ чрезъ отраженіе, а темныя кольца находятся противъ цвѣтныхъ; и въ точкѣ касанія стеколъ видится свѣтлое пятно. Толстоты воздуха въ самыхъ свѣтлыхъ частяхъ оныхъ колецъ слѣдуютъ въ прогрессіи четныхъ чиселъ; а въ темнѣйшихъ промежуткахъ — прогрессіи нечетныхъ чиселъ.

5) Совершенныя измѣренія колецъ того же номера бываютъ различны для различныхъ цвѣтовъ. Красное кольцо имѣетъ *діаметръ* болѣе діаметра кольца оранжеваго, оранжевое болѣе желтаго, и т. д. до фіолетовыхъ, кои производятъ самыя малыя кольца. *Наибольшую ширину* также имѣютъ кольца красные, оранжевые менѣе, и т. д. до фіолетовыхъ, которыя имѣютъ самую меньшую ширину.

6) Кольца каждаго цвѣта имѣютъ самую меньшую величину, когда свѣтъ отъ нихъ приходитъ въ глазъ зрителя перпендикулярно къ ихъ плоскости; если же свѣтъ приходитъ косвенно, то онѣ становятся постепенно большими.

470. Послѣ сихъ наблюденій легко уже себѣ представить происхожденіе цвѣтныхъ колецъ, производимыхъ бѣлымъ свѣтомъ. Когда бѣлый солнечный свѣтъ

падаетъ на тонкую пластинку воздуха, заключающуюся между стеклами плоскимъ и выпуклымъ, что каждый его простой лучь производитъ кольца своего цвѣта, по законамъ ему свойственнымъ. А какъ величина колецъ различнаго цвѣта бываетъ различна, то однѣ цвѣтныя кольца частію покажутся въ темныхъ промежуткахъ другихъ, и частію будутъ налегать на сіи послѣднія, и общимъ своимъ впечатлѣніемъ производить кольца сложныхъ цвѣтовъ. Хотя сіе постепенное налеганіе простыхъ цвѣтныхъ колецъ и подаетъ намъ прямое средство къ точному изъясненію цвѣтныхъ колецъ сложныхъ; однако же въ сей истинѣ можно увѣриться не иначе, какъ измѣривъ величины діаметровъ и ширины колецъ, производимыхъ простыми лучами. Ибо, зная сіи измѣренія, нетрудно уже будетъ чрезъ простое ариѳметическое вычисленіе находить видъ и количество каждаго простаго цвѣта, который можетъ быть отражаемъ или пропускаемъ въ каждой данной толстотѣ пластинки, и опредѣлять, какой цвѣтъ произведутъ налегающія различнымъ образомъ другъ на друга простыя цвѣтныя кольца, а потомъ уже сравнивать съ опытомъ. — И это дѣлалъ Ньютонъ. Для сего онъ измѣрилъ діаметры простыхъ колецъ одного и того же номера во внутренней и наружной части ихъ периметровъ, начиная съ крайняго фіолетоваго. Потомъ, сравнивая квадраты ихъ діаметровъ, онъ вывелъ изъ нихъ величины толстотъ, кои должны имѣть пластинки воздуха *въ началѣ и въ концѣ* наблюдаемыхъ колецъ. Таковыя измѣренія, сдѣланныя надъ разными номерами колецъ, производимыхъ однимъ и тѣмъ же цвѣтомъ, показали ему, что промежутки толстотъ, при коихъ происходило отраже-

ніе свѣта, были примѣтно равны тѣмъ, при коихъ происходило прохожденіе свѣта; такъ что если называть чрезъ *e* толстоту воздуха въ началѣ перваго свѣтлаго кольца, произведеннаго какимъ ни есть простымъ свѣтомъ, то сіе кольцо оканчивается при толстотѣ 3*e*, и занимаетъ промежутокъ толстоты 2*e*. Послѣ чего слѣдуетъ первое темное кольцо, занимающее такой же промежутокъ толстотъ 2*e*. За нимъ слѣдуетъ второе свѣтлое кольцо, которое начинается отъ 5e и оканчивается при 7e; а послѣ онаго второе темное кольцо, которое начинается отъ 7*e* и оканчивается при 9*e*, и т. д. Численная же величина *e* бываетъ различна для различныхъ разнородныхъ лучей и для различной природы пластинокъ отражающихъ или пропускающихъ оныя. Для опредѣленія оной Ньютонъ употребилъ весьма точную величину, опредѣленную имъ для толстоты пластинки воздуха, соотвѣтственной *серединѣ перваго свѣтлаго кольца*, находящагося на предѣлахъ цвѣтовъ оранжеваго и желтаго, именно $\frac{1}{178000}$ Англ. дюйма, или $\frac{1000}{178}$, принявъ милліонную часть дюйма за единицу. Это и означаетъ величину 2*e* для онаго цвѣта; слѣдственно $e = \frac{500}{178} = 2.80899$. Послѣ сего можно найти толстоту *e* и для колецъ другихъ цвѣтовъ; и потомъ опредѣлить толстоты 3e, 5e, 7*e*,... коими оканчиваются кольца разныхъ цвѣтовъ и порядковъ, и проч.

471. *Таблица толстотъ e, 3e воздуха, при коихъ начинаются и оканчиваются различныя кольца перваго ряда, и кои выражены въ милліонныхъ доляхъ Англ. дюйма.*

	Толстота e въ началѣ 1-го кольца.	*Толстота 3e при окончаніи 1-го кольца.*
Крайнее фіолетовое	1,99849	5,99547
Предѣлъ фіолетоваго и синяго	2,16154	6,48462
— синяго и голубаго	2,25671	6,77013
— голубаго и зеленаго	2,42071	7,26213
— зеленаго и желтаго	2,61866	7,85598
— желтаго и оранж.	2,80899	8,42697
— оранжеваго и красн.	2,93207	8,79621
Крайнее красное	3,172206	9,516618

472. Ежели всѣ толстоты e, начиная отъ крайней красной до фіолетовой раздѣлить на 3,172206, и сравнить между собою, то онѣ будутъ относиться какъ $1:0,9247:0,8855:0,8255:0,7631:0,7114:0,6814:0,630 =$ $= \sqrt[3]{1^2} : \sqrt[3]{(\frac{8}{9})^2} : \sqrt[3]{(\frac{5}{6})^2} : \sqrt[3]{(\frac{3}{4})^2} : \sqrt[3]{(\frac{2}{3})^2} : \sqrt[3]{(\frac{3}{5})^2} : \sqrt[3]{(\frac{9}{16})^2} : \sqrt[3]{(\frac{1}{2})^2}$. Весьма замѣчательно, что рядъ чиселъ

$$1,\ \tfrac{8}{9},\ \tfrac{5}{6},\ \tfrac{3}{4},\ \tfrac{2}{3},\ \tfrac{3}{5},\ \tfrac{9}{16},\ \tfrac{1}{2}$$

есть тотъ самый, коимъ изображаются длины струнъ (307), или флейтъ (332), или вообще длины волнъ звука, производящія рядъ тоновъ діатонической гаммы мягкаго напѣва.

473. *Ньютонова теорія цвѣтныхъ колецъ.* — Узнавши изъ предъидущихъ опытовъ, что разнородные лучи свѣта отражаются въ пластинкахъ, коихъ толстоты возрастаютъ въ прогрессіи 1, 3, 5, ..., и проходятъ насквозь въ промежуточныхъ толстотахъ, составляющихъ прогрессію 0, 2, 4, 6, ..., Ньютонъ заключилъ, что частицы свѣта, вступивши въ пластинку прозрачнаго тѣла, должны быть подвержены нѣкоторому періодическому измѣненію, которое располагаетъ ихъ отражаться въ концѣ первыхъ толстотъ, и проходить на сквозь въ концѣ послѣднихъ. Сіе то послѣ-

довательныя состоянія частицъ свѣта онъ назвалъ *приступами* (способностью, расположеніемъ, готовностью, accès) *удобнаго отраженія и удобнаго прохожденія*; пространство, проходимое частицею свѣта, въ которомъ ея способность къ отраженію или прохожденію возрастаетъ постепенно и уменьшается, назвалъ *длиною преступовъ*; а разстояніе, проходимое частицею между возвратомъ двухъ одинаковыхъ расположеній, назвалъ онъ *промежуткомъ приступовъ*. Такимъ образомъ, назвавъ чрезъ *e* самую меньшую толстоту тѣла, способную отражать желтые лучи, сіи лучи будутъ въ расположеніи удобнаго отраженія, пройдя сквозь толстоты 3*e*, 5*e*, 7*e*,...; но будутъ находиться въ расположеніи удобнаго прохожденія, пройдя толстоты 2*e*, 4*e*, 6*e*,... сего же тѣла.

Чтобы дать сему болѣе очевидности, изобразимъ линіями AB = BC = CD (фиг. 250) длины приступовъ свѣтородной частички, движущейся въ тонкой пластинкѣ по направленію A*x*; и означимъ ея перемѣнное расположеніе къ отраженію или прохожденію въ сихъ путяхъ ординатами какой ни есть кривой AMM'D. Сія кривая въ приступѣ AB удобнаго прохожденія пройдетъ чрезъ концы A и B; ибо при точкѣ A готовность къ отраженію начинается и возрастаетъ до O, гдѣ получается наибольшее расположеніе къ отраженію; а потомъ оно уменьшается и оканчивается при B. Перешедъ чрезъ B, частичка вступитъ въ приступъ BC удобнаго прохожденія, въ которомъ ея расположеніе къ прохожденію начнется при B, будетъ возрастать до O', и потомъ начнетъ уменьшаться, и окончится при C. Послѣ сего опять свѣтъ вступ-

нитъ въ приступъ CD удобнаго отраженія, и т. д. (*).

474. Что касается до дѣйствительной величины длины приступовъ для лучей каждаго цвѣта, то онѣ найдутся изъ таблицы (471), бравъ въ оной разности между $3e$ и e. Такимъ образомъ для фіолетовыхъ лучей длина приступа $2e = 5{,}99547 - 1{,}99849 = 3{,}99698$ милліонныхъ дюйма; а для красныхъ она $= 9{,}516618 - 3{,}172206 = 6{,}344412$. Сіи длины приступовъ, если умножить на 4, то получатся длины d свѣтородныхъ волнъ въ системѣ волненія (449); такъ что *длина приступа всегда равна* $\frac{1}{4}d$.

475. Допустивъ сіе, легко уже изъяснить явленіе цвѣтныхъ колецъ въ тонкихъ пластинкахъ. Положимъ, что солнечный свѣтъ падаетъ на такую пластинку, которой толстота возрастаетъ отъ нуля: то разнородные лучи свѣта, преломившись при верхней ея плоскости, раздѣлятся, и пойдутъ разными путями; дойдя до второй плоскости пластинки, нѣкоторые изъ нихъ будутъ находиться въ приступахъ удобнаго отраженія, а другіе въ приступахъ удобнаго прохожденія. Первые, встрѣтивши преломляющую плоскость, отразятся, и составятъ кольца, видимыя чрезъ отраженіе; а вторые пройдутъ сквозь оную, и составятъ

(*) Въ системѣ истеченія, гдѣ принимается, что частицы свѣта имѣютъ полярность, попеременныя ихъ расположенія къ отраженію или прохожденію можно объяснить тѣмъ, что онѣ дѣйствіемъ отражающихъ и преломляющихъ силъ получаютъ вращательное движеніе около оси, перпендикулярной къ линіи, соединяющей полюсы; отъ сего частичка обращается впередъ то однимъ то другимъ полюсомъ.

кольца, видимыя въ пропущенномъ свѣтѣ. Слѣдственно цвѣты, видимые на сквозь, должны быть дополнительными къ цвѣтамъ видимымъ по отраженію.

476. Такъ какъ фіолетовыя кольца перваго ряда начинаютъ отражаться при самыхъ меньшихъ толстотахъ, а кольца другихъ цвѣтовъ, по порядку ихъ преломчивости, отражаются при толстотахъ постепенно большихъ: то заключить должно, что лучи наиболѣе преломчивые, имѣютъ самые меньшіе промежутки приступовъ, а лучи наименѣе преломчивые имѣютъ самые большіе. По сему-то кольца фіолетоваго и близкихъ къ нему цвѣтовъ не столь широки, при всѣхъ прочихъ равныхъ обстоятельствахъ, какъ кольца цвѣтовъ оранжеваго и желтаго. Ибо, если промежутокъ приступовъ удобнаго отраженія луча фіолетоваго весьма малъ, то малѣйшее измѣненіе въ толстотѣ пластинки достаточно для того, чтобы частицы луча фіолетоваго перешли предѣлъ удобнаго отраженія. Подробное изложеніе Ньютоновой теоріи см. въ Traité de phys. expérim. et mathém. par. I. B. Biot. t. IV, pag. 1 — 122.

477. *Въ теоріи волненія изъясняютъ явленіе цвѣтныхъ колецъ по началу интерференцій свѣта.* И дѣйствительно, нельзя себѣ не представить тѣсной связи между явленіями цвѣтовъ тонкихъ пластинокъ и интерференціею, когда припомнимъ себѣ, что длина приступа, найденная Ньютономъ для всякаго простаго луча свѣта (474), точно равна одной четверти длины волненія, найденной въ системѣ волненія для сего же свѣта. Когда лучь свѣта S*a* (фиг. 251) падаетъ на весьма тонкую пластинку AB, которой толстота начинается отъ нуля, и возрастаетъ непримѣтно; то

одна его часть отражается отъ первой поверхности по направленію *ao*; а другая часть онаго проникаетъ внутрь пластинки, и также частію отражается отъ второй ея поверхности по направленію *bco*, и частію выходитъ вонъ изъ оной. Отраженные лучи *ao*, *bco*, встрѣчаясь между собою, будутъ производить интерференцію, подобно тому, какъ бы они отражались отъ двухъ зеркалъ, наклоненныхъ одно къ другому подъ весьма малымъ угломъ (446). Отъ сего, при однородномъ свѣтѣ, и должны показаться рядъ цвѣтныхъ полосъ или колецъ, отдѣленныхъ темными промежутками; а, при сложномъ солнечномъ свѣтѣ, должны показаться разноцвѣтныя полосы. Будутъ ли отраженныя волны свѣтороднаго эѳира при встрѣчѣ своей находиться въ содѣйствіи или въ противодѣйствіи, это совершенно зависитъ отъ разности между путями *ao*, *abco* двухъ отраженныхъ лучей, и еще отъ того, что лучь *abco* проходитъ двойную толстоту *abc* пластинки, и отражается отъ воздуха, а лучь *ao* не проходитъ сквозь оную, и отражается отъ самой пластинки, въ которой густота эѳира можетъ быть весьма различна отъ густоты его въ воздухѣ. —

Если бы явленіе цвѣтныхъ колецъ зависѣло только отъ разности *abc* путей; то свѣтлыя кольца должны были бы произойти тамъ, гдѣ сія разность или равна нулю, или содержала бы въ себѣ четное число полуволненій $\frac{1}{2}d$; то есть, гдѣ

$abc = 2e = 0, \frac{2.d}{2}, \frac{4.d}{2}, \frac{6.d}{2}, \ldots$; или гдѣ толстота пластинки $e = o, \frac{2.d}{4}, \frac{4.d}{4}, \frac{6.d}{4}, \ldots$

а темныя кольца произошли бы тамъ, гдѣ сія раз-

ность содержала бы нечетное число полуволненій

$$abc = 2e = \frac{d}{2}, \frac{3.d}{2}, \frac{5.d}{2}, \ldots.$$

или гдѣ $e = \frac{d}{4}, \frac{3.d}{4}, \frac{5.d}{4}, \ldots$: только сіе было бы совершенно противное наблюденіямъ Ньютона, изъ коихъ извѣстно, что свѣтлыя кольца соотвѣтствуютъ толстотамъ, составляющимъ прогрессію нечетныхъ чиселъ; а кольца темныя соотвѣтствуютъ толстотамъ составляющимъ прогрессію четныхъ чиселъ (469). Но принимая въ соображеніе что въ пластинкѣ AB густота эѳира болѣе, нежели въ окружающемъ воздухѣ, и что лучь *Sa* отражается отъ средины густѣйшей, а лучь *Sab* — отъ средины рѣдчайшей, *Юнгъ* показалъ, что, даже при равныхъ перейденныхъ путяхъ, лучь *Sab*, отражаясь отъ второй поверхности, замѣдляется точно въ $\frac{1}{2}d$ волненія (*) : отъ чего

(*) И дѣйствительно, когда потрясеніе распространяется въ однородной срединѣ, то оно никогда не возвращается назадъ, но сообщается только новымъ слоямъ оной, оставляя прежніе въ совершенномъ покоѣ. Но если оно достигаетъ до плоскости прикосновенія оной средины съ другою, имѣющею различную плотность; то безконечно тонкій слой первой средины, прикасающійся къ второй, не остается въ покое, сообщивъ потрясеніе первому слою второй средины; но, по причинѣ разности ихъ массъ или плотностей, либо отражается отъ него назадъ и образуетъ волны отраженныя, *начинающіяся полуволною сгущенною*; либо устремляется съ ударенымъ слоемъ впередъ, и тѣмъ нарушаетъ равновѣсіе въ заднихъ слояхъ, кои для возстановленія сего равновѣсія устремляются за нимъ одинъ послѣ другаго, и образуютъ волны, распространяющіяся назадъ и *начинающіяся полу-волною разрѣ-*

волны, произшедшія при впоромъ опраженіи, получаютъ расположенія совершенно противныя волнамъ перваго опраженія, и слѣдовательно, приходя въ глазъ, не производятъ ощущенія свѣта; и въ семъ мѣстѣ даютъ видѣть черное пятно. Сію же разность $\frac{1}{2}d$ получатъ лучи свѣта, опражаясь опъ второй поверхности, и во всѣхъ другихъ мѣстахъ. По сему, если къ *abc* придать $\frac{1}{2}d$, то для свѣтлыхъ колецъ разность между перейденными путями лучей, будетъ

$$\frac{d}{2};\ \frac{3d}{2},\ \frac{5d}{2},\ldots;$$

а для темныхъ $\frac{2.d}{2}$, $\frac{4.d}{2}$, $\frac{6.d}{2}$, ..., что совершенно согласно съ опытами Ньютона. Сіе изъясненіе, выведенное *Юнгомъ* изъ свойства удара упругихъ тѣлъ, Пуасонъ со всею строгостію повѣрилъ посредствомъ математическаго анализа. См. въ Die Naturlehre, von A. *Baumgartner*. Supplementband. 325 — 536 St.

478. Что касается до цвѣтныхъ колецъ, видимыхъ сквозь тонкую пластинку; то онѣ происходятъ чрезъ интерференцію лучей, прошедшихъ непосредственно, съ тѣми, кои, послѣ двухъ отраженій внутри пластинки, вышли изъ оной, и такимъ образомъ достигли къ на-

женною. Первый случай бываетъ тогда, когда ударяющій слой имѣетъ плотность менѣе плотности слоя удареннаго; а второй — когда ударяющій слой имѣетъ плотность болѣе плотности удареннаго. Сіе дѣйствіе прямо выводится изъ удара упругихъ шаровъ не равныхъ массъ (148), изъ коихъ одинъ покоится. Но если первыя отраженныя волны начинаются сгущеніемъ, а вторыя разрѣженіемъ, то онѣ, пройдя равные пути, будутъ находиться между собою въ противодѣйствіи.

блюдателю уже безъ всякихъ другихъ измѣненій. И очевидно, что сіи кокьца должны быть гораздо слабѣе видимыхъ по отраженію свѣта.

479. Такъ какъ длина волненія однороднаго свѣта бываетъ менѣе въ водѣ нежели въ воздухѣ, и именно обратно пропоріональна показателю его преломленія въ водѣ; то и толстота, при которой цвѣтное кольцо того же номера бываетъ видимо въ пластинкѣ воды, должна быть менѣе толстоты подобной же пластинки воздуха въ семъ же самомъ содержаніи, что также согласно съ наблюденіемъ (467).

480. *Цвѣтныя кольца въ толстыхъ пластинкахъ.* — Если провесть въ темную комнату пучекъ лучей свѣта, прянять оной перпендикулярно на *стеклянное* вогнутое зеркало, и отраженные лучи принять близъ центра кривизны зеркала на бѣлую картонную бумагу, въ которой сдѣлано отверстіе для пропущенія падающихъ лучей: тогда на сей бумагѣ представится четыре или пять цвѣтныхъ колецъ. Сіи кольца будутъ тѣ самыя, кои замѣчаются смотря сквозь тонкую пластинку воздуха (462), именно: въ серединѣ бѣлое пятно, потомъ кольцо желтовато-красное, черное, фіолетовое, голубое, зеленовато-желтое, желтое, красное, пурпуровое, и проч. Если же свѣтъ употребить *простой*, то покажутся цвѣтныя кольца отдѣленныя темными промежутками. Явленіе сіе открыто *Ньютономъ*, который нашелъ, что квадраты діаметровъ самыхъ свѣтлыхъ частей колецъ относились какъ числа 0, 1, 2, 3,...; а квадраты діаметровъ самыхъ темнѣйшихъ частей составляли прогрессію $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$,...

481. Для стеклянныхъ зеркалъ различной толстоты іdаметры одинаковыхъ колецъ бываютъ обратно про-

порціональны корнямъ квадратнымъ изъ сихъ толстотъ. Сверхъ сего онѣ прямо пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ длины волненій для лучей различныхъ цвѣтовъ.

481. Явленіе колецъ происходитъ и тогда, когда зеркало не будетъ подложено амальгамою; но оно не производится зеркалами металлическими. Изъ сего видно, что сіи кольца происходятъ посредствомъ интерференціи свѣтородныхъ волнъ, отражаемыхъ обѣими поверхностями зеркала. Замѣчено, что сіи кольца дѣлаются живѣе и яснѣе, если переднюю поверхность зеркала закрыть тонкимъ слоемъ лака. Впрочемъ ихъ можно произвесть и металлическимъ зеркаломъ, если только падающіе лучи пропустимъ сперва сквозь тонкую пластинку стекла или слюды.

482. Вотъ еще явленія, объясняемыя посредствомъ интерференціи свѣта. Если смотрѣть на солнце или горящую свѣчу сквозь прозрачную пластинку, посыпанную мелкимъ порошкомъ, то его изображеніе покажется окружено цвѣтными кругами. Кругъ солнца ограничивается темнокраснымъ кольцомъ, за коимъ слѣдуетъ голубовато-зеленое, потомъ красное; сіи послѣдніе два цвѣта многократно возобновляются въ томъ же порядкѣ, когда частички порошка бываютъ одинаковыхъ діаметровъ. Радіусы колецъ увеличиваются съ уменьшеніемъ сихъ діаметровъ. Подобные же цвѣты замѣчаются, если смотрѣть сквозь рѣдко сотканную матерію, сквозь тонкіе волоски пуховыхъ шляпъ.

Сюда же относятся цвѣты, замѣчаемые на тѣлахъ имѣющихъ мелчайшіе бороздки; они происходятъ чрезъ интерференцію лучей, отражающихся отъ двухъ краевъ каждой бороздки. Таким образомъ происходятъ

цвѣты перламутра, и цвѣты на надкрыліяхъ насѣкомыхъ; ибо ихъ оттискъ на черномъ воскѣ производитъ сіи цвѣты столь же хорошо, какъ и самая форма. Природа весьма искусна въ произведеніи прелестнѣйшихъ явленій самыми простыми средствами: такимъ образомъ живѣйшія и разнообразнѣйшія измѣненія красокъ на лепесткахъ цвѣтковъ, перемѣняющіеся цвѣты на перьяхъ многихъ птицъ, на чешуяхъ рыбъ, на раковинахъ многихъ моллюсковъ, и безъ сомнѣнія многія другія явленія цвѣтовъ происходятъ отъ одной разности въ толстотѣ тонкой кожицы, ихъ покрывающей, и отъ расположенія и тонкости частицъ ихъ поверхности, и проч.

§ 483. *Ньютонова теорія цвѣтовъ тѣлъ.* — Разсмотрѣвши явленія цвѣтовъ тонкихъ пластинокъ, Ньютонъ примѣнилъ оныя къ изъясненію цвѣтовъ тѣлъ. Онъ принялъ за основаніе, что тѣла природы состоятъ изъ прозрачныхъ сложныхъ частицъ или порошинокъ, могущихъ подраздѣляться на меньшія; что сіи частицы раздѣлены между собою промежутками, въ коихъ содержится воздухъ либо другія тончайшія жидкости, и преломляютъ свѣтъ сильнѣе, нежели оныя жидкости; что онѣ, подобно тончайшимъ пластинкамъ прозрачныхъ тѣлъ, отражаютъ отъ себя тѣ лучи свѣта, кои проникнувъ въ нихъ находятся въ приступахъ удобнаго отраженія; а пропускаютъ лучи, находящіеся въ приступахъ удобнаго прохожденія (473). Всѣ лучи свѣта отраженные частицами тѣла, совокупностію своею и составляютъ цвѣтъ тѣла, видимый по отраженію.

Постоянные цвѣты, по сей теоріи, принадлежатъ такимъ тѣламъ, коихъ самыя сложныя частицы весьма малы, и по своей плотности и природѣ преломляютъ

свѣтъ не сравненно сильнѣе тончайшихъ жидкостей, ихъ окружающихъ. Отъ сего цвѣтъ тѣла не перемѣняется примѣтно, разсматривая оное съ разныхъ точекъ зрѣнія. — Но если предположить, что самыя сложныя частицы будутъ или велики, или будутъ имѣть почти такую же плотность, какъ и средины ихъ окружающія: тогда даже и незначительная перемѣна въ ихъ положеніи относительно глаза наблюдателя, произведетъ большую перемѣну въ цвѣтѣ тѣла. Симъ Ньютонъ изъясняетъ перемѣняющіеся цвѣты суконъ, шелковыхъ тканей, перьевъ многихъ птицъ (на пр. попугаевъ, павлиновъ), и проч.

Что касается до цвѣта тѣлъ видимаго посредствомъ свѣта насквозь проходящаго, то онъ долженъ быть дополнительнымъ цвѣту, видимому по отраженію. Но какъ рѣдко случается, чтобы сіи цвѣты были дополнительными одинъ другому: то Ньютонъ сдѣлалъ предположеніе, что тѣла могутъ поглощать нѣкоторыя части свѣта, сквозь нихъ проходящаго (404). Подробное изложеніе Ньютоновой теоріи цвѣтовъ см. въ Traité de phys. par. Biot. t. IV. pag. 123 — 148.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О прохожденіи свѣта сквозь тѣла окристаллованныя, и о поляризаціи свѣта.

Двойное преломленіе свѣта.

484. Когда лучь свѣта проходитъ сквозь прозрачное, окристаллованное тѣло, котораго первообразная форма не есть ни кубъ и ни октаедръ; то вообще раздѣляется на двѣ равныя и отдѣльныя части, изъ коихъ одна слѣдуетъ извѣстнымъ законамъ обыкновеннаго преломленія (359), и называется *лучемъ обыкновеннымъ*; а другая идетъ путемъ гораздо сложнѣйшимъ, и называется *лучемъ необыкновеннымъ*. Въ семъ-то и состоитъ явленіе двойнаго преломленія свѣта.

485. Кристаллы, въ коихъ свѣтъ подлежитъ простѣйшимъ законамъ двоякаго преломленія, всегда имѣютъ одно извѣстное направленіе, около котораго со всѣхъ сторонъ явленія происходятъ тождественнымъ образомъ. Сіе направленіе называется *осью кристалла*. Ее не должно считать за одну линію; но въ такомъ кристаллѣ можно представлять столько осей, сколько можно вообразить въ немъ линій параллельныхъ сему направленію. *Главнымъ сѣченіемъ* кристалла называется плоскость, мысленно проводимая чрезъ сію ось перпендикулярно къ его естественной грани.

Лучи свѣта, падающіе перпендикулярно къ грани кристалла, всегда раздѣляются на два, лежащіе въ плоскости главнаго сѣченія: но сего раздвоенія не происходитъ, когда лучи проходятъ сквозь кристаллъ или параллельно или перпендикулярно къ оси.

485. Явленіе двойнаго преломленія свѣта первона-

чально замѣчено было *Эразмомъ Бартолиномъ* Копенгагенскимъ ученымъ, 1669 года, въ прозрачныхъ кристаллахъ известковаго шпата, называемаго также *Исландскимъ шпатомъ*. Изъясненіемъ же сего явленія занимались отличнѣйшіе ученые, изъ коихъ первыми были *Гугеній* и Ньютонъ. Гугеній показалъ истинный законъ онаго, который въ послѣдствіи съ точностію былъ повѣренъ и подтвержденъ изслѣдываніями *Малюса*, *Біота*, *Френеля* и *Волластона*.

Кристаллы Исландскаго шпата, въ коихъ двоякое лучепреломленіе замѣчается въ высшей степени, имѣютъ первообразною формою *ромбоедръ* (фиг. 252) *съ шестью острыми и двумя тупыми* A, A' *трехгранными углами*; а каждый уголъ его состоитъ изъ трехъ равныхъ плоскихъ угловъ, равно наклоненныхъ одинъ къ другому. Въ *острыхъ углахъ* наклоненіе граней бываетъ въ 74° 55', а въ тупыхъ 105° 5'. Въ немъ *ось двойнаго преломленія* есть малая діагональ AA,' проходящая чрезъ тупые трехгранные углы ромбоедра; а *главное сѣченіе* проходитъ чрезъ діагонали AB, A'B', раздѣляющія по поламъ тупые углы двухъ противолежащихъ ромбовъ кристалла.

487. Если ромбоедръ Исландскаго шпата положить на бумагу, и разсматривать сквозь него точки, линіи и проч., на ней написанныя, то всѣ онѣ покажутся двойными : сіе показываетъ, что всякій лучь свѣта, проходя сквозь кристаллъ, раздѣляется на два луча, не лежащихъ на одной прямой. Сіе раздѣленіе луча на двѣ части можно сдѣлать очевиднымъ, закрывъ одну грань кристалла лоскуткомъ бумаги, на которомъ сдѣлано булавкою тонкое отверстіе, и сквозь оное пропустивъ

солнечный свѣтъ внутрь кристалла : тогда изъ сего кристалла выйдутъ два параллельныхъ луча свѣта, имѣющихъ значительное между собою отдаленіе.

488. Если ромбоедръ Исландскаго шпата положить на черную линію, и, поворачивая сей кристаллъ на той же плоскости, будемъ сквозь него смотрѣть на оную по лучу зрѣнія перпендикулярному къ двумъ естественнымъ гранямъ кристалла : то найдется одно положеніе, въ которомъ увидимъ только одно изображеніе сей прямой, которое въ семъ случаѣ будетъ находиться въ плоскости главнаго сѣченія. — Если же станемъ далѣе поворачивать кристаллъ, то изображеніе линіи раздѣлится на два, изъ коихъ *обыкновенное изображеніе остается неподвижнымъ, а изображеніе обыкновенное перемѣняетъ мѣсто*, и отдаляется. *Наибольшее отдаленіе изображеній* происходитъ тогда, когда сія прямая бываетъ *перпендикулярна къ плоскости главнаго сѣченія*; а удаляясь отъ сего положенія, изображенія опять постепенно сближаются по мѣрѣ обращенія кристалла.

489. Для опредѣленія хода лучей обыкновеннаго и необыкновеннаго въ кристаллахъ такого рода, такъ какъ и степени ихъ раздвоенія, можно употребить слѣдующій способъ. Возмемъ мѣдную широкую пластинку RQ (фиг. 235) съ параллельными плоскостями; укрѣпимъ перпендикулярно къ оной мѣдный полукругъ, раздѣленной на градусы, и по окружности коего находится подвижный діоптръ *l* съ весьма малымъ отверстіемъ, направленнымъ всегда по радіусу *lc*. Въ центрѣ полукруга на мѣдной пластинкѣ RQ сдѣлаемъ весьма тонкое отверстіе, которое бы съ отверстіемъ *l*

находилось на прямой параллельной плоскости полукруга. Поставимъ сей инструментъ своею пластинкою на ромбоедръ Исландскаго шпата, имѣющій сколь возможно гладкія грани, такъ чтобы отверстіе *c* находилось противъ середины діагонали AB, лежащей въ главномъ сѣченіи ABA′B′; и потомъ сквось отверстія *l*, *c*, будемъ пропускать лучь свѣта подъ разными углами *pcs* паденія, и на противолежащей грани будемъ замѣчать точки выхода и самое направленіе лучей обыкновеннаго и необыкновеннаго. Тогда откроемъ слѣдующее:

1) Лучь *pc*, пропущенный перпендикулярно къ естественной грани ромбоедра, раздѣлится на лучь обыкновенный *co*, и необыкновенный *ce*, кои будутъ оба находиться въ плоскости главнаго сѣченія. Сверхъ сего лучь обыкновенный не перемѣнитъ своего направленія; а лучь необыкновенный отдалится къ острому углу B′, и оба выйдутъ вонъ параллельными падающему лучу *pc*. Зная толстоту *co* ромбоедра, и измѣривъ линію *oe*, найдется уголъ отдаленія *oce* = 6° 12′ 38″.

2) Замѣтивъ точку *o* выхода луча обыкновеннаго, при его перпендикулярномъ паденіи, пропустимъ въ сей же кристаллъ лучь Sc подъ какимъ ни есть угломъ паденія S*cp* : тогда обыкновенный лучь выйдетъ изъ кристалла въ точкѣ O, а необыкновенный — въ точкѣ E, и линія EO не будетъ параллельна діаметру D*d* полукруга. А сіе показываетъ, что лучь необыкновенный не лежитъ въ плоскости паденія. А если измѣрить линіи EO, O*o*, E*o*, то можно будетъ найти діагонали CO, EC, а слѣдственно и уголъ E*c*O.

3) При всѣхъ углахъ паденія луча S*c*, и при всякихъ положеніяхъ плоскости паденія, вышедшіе лучи

Oh, Eg бываютъ параллельны падающему лучу Sc.

4) Если въ ромбоедръ Исландскаго шпата будемъ пропускать лучи свѣта Sc, Sc′, лежащіе въ плоскости главнаго сѣченія ABA′B′ (фиг. 254), въ которой находится ось AA′ или cx; то при всякихъ углахъ паденія, лучи обыкновенный Oc и необыкновенный Ec, будутъ находиться въ сей же плоскости; и при томъ необыкновенный лучь всегда отдаляется къ острому углу B′.

5) Разсѣчемъ ромбоидъ Исландскаго шпата (фиг. 255) двумя плоскостями перпендикулярными къ его оси AA′, и отнимемъ двѣ трехугольныя пирамиды; тогда лучь SA, падающій перпендикулярно на искуственную грань кристалла, то есть, *параллельно его оси, не раздѣлится на два.* Но если падающій лучь будетъ наклоненъ къ искуственной грани, а слѣдственно и къ оси кристалла, то опять окажется двоякое преломленіе: сверхъ сего, *при одномъ и томъ же наклоненіи падающаго луча, необыкновенное преломленіе всегда будетъ произходить одинакимъ образомъ*, въ какой бы плоскости онъ ни находился.

490. Обдѣлаемъ еще кристаллъ известкóваго шпата въ видѣ прямоугольнаго параллелипипеда (фиг. 256), такъ чтобы его ребро AA′ было параллельно оси, то есть, чтобы четыре его грани были параллельны сей оси, а остальныя двѣ были къ ней перпендикулярны. Потомъ пропустимъ лучь свѣта *pc* перпендикулярно къ его грани ABA′B′ (слѣдственно и перпендикулярно къ оси), онъ не раздѣлится на два луча.

Ежели станемъ лучь свѣта пропускать въ плоскости ABab, перпендикулярной къ оси AA′, подъ

какимъ ни есть угломъ Scp (фиг. 257), то произойдетъ преломленіе двойное. При семъ лучь обыкновенный OC и необыкновенный EC останутся въ сей же плоскости, и раздвоеніе между ими произойдетъ *наибольшее*. А измѣняя уголъ паденія луча въ той же плоскости, откроется, что *оба луча преломляются по закону Декартову*, т. е. между синусами ихъ угловъ паденія и преломленія существуетъ постоянное отношеніе; и мы означимъ чрезъ

$\frac{1}{a}$ показателя преломленія для луча необыкновеннаго,

$\frac{1}{b}$ — — — обыкновеннаго.

Сихъ показателей преломленія найти не трудно, сдѣлавъ изъ кристалла прямую трехугольную призму (фиг. 258), у которой ребра AA′, BB′, CC′ были бы параллельны его оси, и употребивъ способъ, описанный на стр. 17, ч. II. Такимъ образомъ найдется

въ Исландскомъ шпатѣ	$a = 0,674172$,	$b = 0,604487$;
въ горномъ хрусталѣ.......	0,641776,	0,645813
въ гипсѣ....................	тоже	—
въ тяжеломъ шпатѣ.......	0,607223,	0,611530

и проч. (*).

491. Если пропустить подъ какимъ нибудь угломъ

(*) Ось двоякаго преломленія свѣта въ горномъ хрусталѣ параллельна оси его столбиковъ; въ тяжеломъ шпатѣ она параллельна малой діагонали основанія; въ гипсѣ лежитъ въ плоскости его пластинокъ; въ турмалинѣ — параллельна игламъ кристалла, и проч. Изслѣдыванія *Брюстера* показали, что во всѣхъ таковыхъ кристаллахъ ось двойнаго преломленія свѣта всегда соупадаетъ съ его *кристаллографическою осью*.

лучь свѣта въ плоскости $AA'aa'$ (ф. 256) содержащей самую ось; то и въ семъ случаѣ лучи обыкновенный и необыкновенный будутъ содержаться въ сей же плоскости. Но измѣняя уголъ паденія въ оной плоскости, найдется, что одинъ только лучь обыкновенный преломляется по закону Декартову; лучь же необыкновенный преломляется по другому весьма замѣчательному закону, найденному изъ опыта, и который изображается формулою

$$\frac{tang.r'}{tang.r} = \frac{b}{a},$$

гдѣ r, r' суть углы преломленія лучей обыкновеннаго и необыкновеннаго.

492. Разсматривая синусы a, b угловъ преломленія лучей необыкновеннаго и обыкновеннаго въ плоскости паденія перпендикулярной къ оси (490), видно, что въ нѣкоторыхъ кристаллахъ $a > b$, а въ другихъ $a < b$; то есть, въ первыхъ лучь необыкновенный болѣе удаляется отъ перпендикуляра паденія нежели обыкновенный, а въ другихъ менѣе. Біотъ, которому обязаны мы симъ важнымъ открытіемъ, соглашая всѣ явленія двойнаго преломленія свѣта съ системою Ньютона, предположилъ для объясненія оныхъ, что изъ оси кристалла обнаруживается нѣкоторая сила, способная отдалять отъ направленія обыкновеннаго преломленія тѣ частицы свѣта, кои при вступленіи въ кристаллъ, находятся въ благопріятномъ къ сему расположеніи. Оси однихъ кристалловъ оказываютъ *силу отталкивательную*, которая нѣсколько ослабляетъ дѣйствіе силы преломленія обыкновеннаго на нѣкоторыя частицы свѣта, и отдаляетъ оныя отъ оси; таковы суть : Исландскій

шпатъ, изумрудъ, бериллъ, турмалинъ, (*) и проч. Въ другихъ же кристаллахъ оси обнаруживаютъ *силу притягательную*, которая увеличиваетъ дѣйствіе силы преломленія на нѣкоторыя частицы свѣта, и приближаетъ оныя къ оси; таковы: горный хрусталь, тяжелый шпатъ, сѣрнокислая известь, и проч. Силы сіи должны дѣйствовать перпендикулярно къ оси, и во всѣ стороны равно; по тому что наибольшее раздвоеніе лучей происходитъ въ семъ направленіи. Въ первыхъ кристаллахъ $b - a = -$, а во вторыхъ $b - a = +$; посему Брюстеръ и назвалъ первые *отрицательными*, а вторые *положительными*.

493. Гугеній, изъ разсматриванія преломленія свѣта въ Исландскомъ шпатѣ, открылъ слѣдующій способъ находить направленіе луча необыкновеннаго, при какомъ ни есть паденіи луча на поверхность кристалла, для котораго извѣстны количества a и b. Пусть cx ось кристалла ABD, Sc лучь падающій на плоскость AB подъ какимъ нибудь угломъ Scp (фиг. 259). Въ плоскости паденія SAB проведемъ прямую $bc \perp Sc$, и въ углѣ acb впишемъ прямую $ab = 1$ и перпендикулярную къ

(*) Дѣйствіе турмалина весьма замѣчательно: онъ производитъ двоякое преломленіе, когда бываетъ тонокъ, и простое — когда бываетъ толстъ. На прим. если изъ турмалина сдѣлать весьма острую трехугольную призму, которой бы ребра были параллельны оси, и, сдѣлавъ ее ахроматическою, будемъ сквозь нее смотрѣть на конецъ булавки; то сквозь самую тонкую часть турмалина увидимъ два изображенія. Одно изъ сихъ изображеній ослабѣваетъ и наконецъ уничтожается, когда будемъ передвигать булавку къ толстѣйшей части призмы.

bc, дабы получить $ac = \frac{1}{sin \cdot Scp}$. Тогда на оси *cx* отложимъ $mc = m'c = a$; проведемъ $ncn' \perp mm'$, и отложимъ $nc = n'c = b$. На прямыхъ *mm'*, *nn'* опишемъ эллипсоидъ вращенія, котораго бы осью была прямая *mm'*; а на діаметрѣ *mm'* опишемъ шаръ *mm'rr'*. Наконецъ чрезъ прямую *kk*, перпендикулярную къ плоскости паденія, проведемъ двѣ касательныя плоскости, одну *ao* къ шару, а другую *ae* къ эллипсоиду, и соединимъ точки касанія съ центромъ *c*: тогда линія *co* будетъ направленіемъ луча обыкновеннаго, а *ce* — направленіемъ луча необыкновеннаго.

Ежели уголъ $Scp = o$, то $ac = \frac{1}{o} = \infty$; и тогда касательныя плоскости будутъ параллельны грани AB: слѣдственно лучи обыкновенный и необыкновенный были бы *co'*, *ce'*. Очевидно, что если плоскость будетъ параллельна или перпендикулярна къ оси *cx*, то обѣ соотвѣтственныя точки касанія будутъ находиться въ *n*, *r*, на оси *cn*, или въ одной точкѣ *m'*: и слѣдственно оба луча должны итти по одному направленію, и въ послѣднемъ случаѣ имѣть одинакія скорости распространенія, а въ первомъ — имѣть наибольшую разность между ихъ скоростями. — Способъ сей имѣетъ всю желаемую точность для опредѣленія хода лучей въ кристаллахъ съ одною осью, какъ удостовѣрились въ ономъ *Волластонъ*, *Малюсъ* и *Біотъ*.

494. Дабы вывесть всѣ явленія двоякаго преломленія свѣта изъ теоріи волненія *Гугеній* допустилъ, что въ кристаллѣ такогорода находятся два вида волнъ, изъ коихъ однѣ распространяются въ свѣтородномъ эѳирѣ тѣла, имѣютъ *сферическій видъ* и производятъ преломленіе обыкновенное; что въ тоже время частицы самаго кри-

сталла приводятся въ дрожаніе, которое обратно сообщается эѳиру, отъ чего произходятъ въ немъ другія волны. Сіи послѣднія волны должны быть *сфероидальными*, по причинѣ различной плотности кристалла по направленію оси, и по направленію перпендикулярному къ оси; ими-то и производится преломленіе необыкновенное. Хотя изслѣдованія Пуасона и показали, что и первыя волны эѳира въ тѣлѣ суть сфероидальныя или эллипсоидальныя; однако же видъ послѣднихъ волнъ долженъ необходимо различаться отъ первыхъ, ибо онъ зависитъ отъ неоднороднаго расположенія частицъ кристалла.

Сія теорія подтверждается еще двумя важными наблюденіями: 1) что именно кристаллы, одаренные двоякимъ лучепреломленіемъ, отъ нагрѣванія расширяются не одинаково по всѣмъ направленіямъ, и такимъ же образомъ сжимаются отъ охлажденія (108). *Митчерлихъ* показалъ, что Исландскій шпатъ, при нагрѣваніи расширяется по направленію его оси, а по направленію перпендикулярному къ оной сжимается. 2) *Френель* и *Брюстеръ* открыли, что даже обыкновенное стекло оказываетъ двойное лучепреломленіе, когда оно будетъ сильно сжато по одному направленію. Оно въ семъ случаѣ дѣйствуетъ какъ кристаллъ, котораго ось совпадаетъ съ направленіемъ сжатія.

495. *Кристаллы съ двумя осями.* — Всѣ тѣла, коихъ кристаллическая форма можетъ быть отнесена къ ромбоедру или къ призмѣ съ квадратными основаніями, имѣютъ только одну ось двоякаго преломленія: но тѣла кои относятся къ какой нибудь другой системѣ кристаллизаціи, за исключеніемъ системы кубической (которая заключаетъ октаедръ, тетраедръ, ромбоидаль-

ный додекаедръ, и проч.), имѣютъ *двѣ оси двоякаго преломленія свѣта*, болѣе или менѣе наклоненныя одна къ другой, около коихъ явленія двойнаго лучепреломленія происходятъ такъ, какъ и около одной оси Исландскаго шпата. Таковы суть: сѣрнокислые баритъ, стронціанъ, известь, слюды, топазы, ангидритъ, бура, и проч. Лучь свѣта, идущій по направленію той или другой оси, не имѣетъ двойнаго преломленія: но раздвоеніе луча происходитъ всегда, когда онъ съ обѣими осями дѣлаетъ уголъ. Г. *Френель* двумя способами увѣрился, что *въ кристаллахъ съ двумя осями собственно не находится луча обыкновеннаго;* то есть, что ни какая часть луча сквозь нихъ проходящаго не преломляется по Декартову закону: 1) Призмы съ одинакимъ угломъ, сдѣланныя изъ топаза по различнымъ направленіямъ онаго, не преломляютъ одинаково лучей обыкновенныхъ; 2) двѣ параллельныя пластинки одинаковой толстоты, сдѣланныя изъ топаза, и неимѣвшія въономъ одинакаго направленія, будучи поставлены на направленіи лучей свѣта, производящихъ полосы посредствомъ ихъ интерференціи, не равно перемѣщаютъ оныя полосы.

496. Изъ сего видно, что ходъ свѣта въ кристаллахъ съ двумя осями гораздо сложнѣе, нежели въ кристаллахъ съ одною осью. Впрочемъ и въ нихъ находятся два сѣченія, въ коихъ преломленіе свѣта простѣе происходитъ, именно: *сѣченіе перпендикулярное къ средней линіи осей, и сѣченіе перпендикулярное къ линіи дополнительной.* Ежели xx, $x'x'$ (фиг. 260) суть двѣ оси кристалла; то прямая MM, раздѣляющая по поламъ уголъ xpx' между осями, есть *линія средняя*: а прямая SS, раздѣляющая по поламъ уголъ xpx', есть *линія*

дополнительная. Въ плоскости, перпендикулярной къ MM, одинъ изъ лучей слѣдуетъ законамъ обыкновеннаго преломленія; а въ плоскости, перпендикулярной къ SS, другой изъ лучей слѣдуетъ общимъ законамъ преломленія.

Посредствомъ сихъ двухъ сѣченій можно опредѣлить показателей преломленія двухъ лучей, подобныхъ лучамъ обыкновенному и необыкновенному кристалловъ съ одною осью.

497. *Общій Законъ.* — Гугеній открылъ только истинный законъ преломленія свѣта въ кристаллахъ съ одною осью; но *Френелю* обязаны мы открытіемъ *общаго закона* преломленія свѣта въ кристаллахъ съ двумя осями, изъ котораго законъ Гугеніевъ происходитъ какъ прямое слѣдствіе. Сей общій законъ выражается формулами

$$v^2 = d^2 + (d'^2 - d^2)\sin^2 \cdot \tfrac{1}{2}(a' - a),$$
$$v'^2 = d^2 + (d'^2 - d^2)\sin^2 \cdot \tfrac{1}{2}(a' + a),$$

гдѣ v есть скорость обыкновенная,

v' — — необыкновенная,

a, a' углы луча съ первою и со второю осями,

d скорость постоянная луча въ сѣченіи перпендикулярномъ къ линіи дополнительной.

d', постоянная скорость луча въ сѣченіи перпендикулярномъ къ средней линіи осей.

Изъ сихъ уравненій имѣемъ

$$v'^2 - v^2 = (d'^2 - d^2)\sin a' \cdot \sin a.$$

498. Выводя скорости v, v' для разныхъ направленій луча, опредѣлится оными эллипсоидальная поверхность съ тремя не равными осями. Изъ сего можно заключить, что сію самую поверхность принимаютъ волны

свѣта въ кристаллахъ съ двумя осями. Замѣчательно, что эллипсоидъ есть самая общая форма, которую могутъ принимать волны во всякомъ тѣлѣ, котораго плотность и упругость измѣняется по какому бы то ни было закону отъ одной точки до другой: это доказано точными изслѣдываніями *Пуасона.*

499. Чтобы перейти къ Гугеніеву закону преломленія свѣта въ кристаллахъ съ одною осью, довольно положить, что обѣ оси кристалла имѣютъ одно направленіе, или что $a = a'$, и получимъ

$$v^2 = d^2$$

$$v'^2 = d^2 + (d'^2 - d^2) \operatorname{Sin}^2 a;$$

гдѣ видно, что скорость v луча обыкновеннаго постоянна для всякаго угла a; скорость же v' луча необыкновеннаго измѣняется съ измѣненіемъ a.

Въ семъ случаѣ $v'^2 - v^2 = (d'^2 - d)\operatorname{Sin}^2 a$,

то есть, разность между квадратами скоростей луча необыкновеннаго и обыкновеннаго пропорціональна квадрату синуса угла, составляемаго необыкновеннымъ лучемъ съ осью.

500. Замѣтимъ еще здѣсь, что въ системѣ волненія показатель преломленія есть не иное что, какъ прямое отношеніе скоростей свѣта: по сему если означить единицею скорость свѣта въ пустотѣ, то $\frac{1}{d'}$ будетъ показателемъ преломленія луча необыкновеннаго въ сѣченіи перпендикулярномъ къ оси, а $\frac{1}{d}$ будетъ показателемъ преломленія луча обыкновеннаго.

Аналитическій разборъ двоякаго преломленія свѣта см. въ Die Naturlehre v. A. Baumgartner. Supplementband. 549 — 565. S.

501. *Микрометръ Рошона.* — Сіе орудіе, основанное на двойномъ преломленіи свѣта, употребляется для точнаго измѣренія весьма малыхъ угловъ зрѣнія, и также для опредѣленія разстоянія предмета, когда извѣстна его истинная величина. Посему онъ служитъ для нахожденія видимаго діаметра планетъ, для приблизительнаго опредѣленія разстоянія укрѣпленій, арміи, корабля, и проч.

Важнѣйшая часть сего орудія есть прямоугольная призма ACA′C′ (фиг. 261), состоящая изъ двухъ трехугольныхъ равныхъ призмъ AA′C и A′CC′, сдѣланныхъ изъ Исландскаго шпата или горнаго хрусталя, и склѣенныхъ между собою тончайшимъ слоемъ терпентина. Ось кристалла первой призмы параллельна AA′; а ось второй есть пересѣченіе двухъ граней A′C и A′C′.

Лучь свѣта SI, проходя сквозь сію двойную призму перпендикулярно къ грани AC, не перемѣняетъ своего направленія въ призмѣ AA′C. Во второй призмѣ лучь обыкновенный I′O идетъ по тому же направленію; ибо для него средина не перемѣняется, а слой терпентина неможетъ перемѣнить сего направленія: лучь же необыкновенный IE отдалится на уголъ EI′O, который будетъ постояненъ для одной и той же двойной призмы, и который надлежитъ опредѣлить со всею точностію.

Призма сія вставляется въ астрономическую трубу, внутри фокуснаго разстоянія предметнаго стекла, Пусть AB (фиг. 262) сіе предметное стекло, предъ коимъ находится какой нибудь весьма отдаленный предметъ, и въ его фокусѣ находится превратное изображеніе FH онаго предмета. Лучи свѣта, проходя сквозь двойную призму, раздѣлятся, и составятъ вообще два изображенія. Но подвигая оную призму ближе къ фоку-

су, можно довести до того, что оба изображенія прикоснутся одно къ другому: а ежели призму подвинуть въ самый фокусъ, то оба изображенія сольются одно съ другимъ. И такъ, положимъ, что двойная призма расположена такъ, что оба изображенія взаимно прикасаются. Въ семъ случаѣ обыкновенное изображеніе FH будетъ заключаться между двумя сторонами постояннаго угла FaH. Назовемъ чрезъ F фокусное разстояніе OF, чрезъ V уголъ HOV, подъ коимъ усматривается предметъ простымъ глазомъ; положимъ также, что $Ha = D$, и постоянный уголъ $HaF = a$; то будемъ имѣть

$$tang V = \frac{HF}{F}, \quad tang . a = \frac{HF}{D};$$

откуда $tang V = \frac{tang . a}{F} . D.$

Количество $\frac{tang . a}{F}$ постоянно для одной и той же трубы и двойной призмы; по сему и надлежитъ опредѣлить оное, дабы оно могло служить для всѣхъ наблюденій. Для сего берется предметъ, котораго величина съ точностію измѣрена и равна 2R (фиг. 263), и ставятъ отъ глаза на опредѣленномъ разстояніи L: тогда его видимая величина V найдется изъ уравненія

$$\tfrac{1}{2} V = \frac{R}{L}.$$

Для опредѣленія величины D, разсматриваютъ сей предметъ въ зрительную трубу съ двойною призмою, поставивъ предметное стекло въ V. Двойную призму сперва ставятъ такъ, чтобы два видимыя изображенія того предмета совершенно соупадали; потомъ подвигаютъ оную къ предметному стеклу до толѣ, пока два изображенія взаимно прикоснутся. Переходя отъ

перваго положенія ко второму, призма пройдетъ пространство $aF = D$, которое можно весьма точно измѣрить посредствомъ дѣленія, начерченнаго вдоль трубы (фиг. 264). Для сего на боку трубы дѣлаютъ продольный вырѣзъ, чтобы можно было двойную призму передвигать вдоль фокуснаго разстоянія.

Найденныя количества V и D, подставивъ въ уравненіе

$$\frac{tang.\,V}{D} = \frac{tang.\,a}{F}$$

получимъ $\frac{tang.\,a}{F}$ въ числахъ; и означимъ сіе постоянное количество чрезъ *m*. Слѣдственно будемъ имѣть

$$tang\ V = mD.$$

Теперь, при каждомъ наблюденіи, довольно только найти D, чтобы получить видимую величину V планеты или другаго тѣла.

502. Для опредѣленія же разстоянія L предмета, котораго величина 2R извѣстна, находятъ сперва его видимую величину по формулѣ $tang\ V = mD$; а потомъ получаютъ разстояніе L изъ уравненія

$$\tfrac{1}{2} V = \frac{R}{L}.$$

Г. Араго примѣнилъ сей приборъ для опредѣленія увеличенія телескоповъ и микроскоповъ.

Простая поляризація свѣта.

503. Еще съ 1811 года *Малюсъ* открылъ, что свѣтъ, отраженный подъ извѣстнымъ угломъ отъ полированной поверхности, или пропущенный сквозь кристаллъ одаренный двойнымъ лучепреломленіемъ, пріобрѣтаетъ особенныя свойства : онъ становится способнымъ или весь отражаться или весь проходить сквозь другую поверхность , падая на нее подъ извѣстнымъ

угломъ; не можетъ раздѣляться на два луча, проходя сквозь кристаллъ, производящій двоякое преломленіе, въ такихъ случаяхъ, когда свѣтъ непосредственный раздѣляется на два луча равной густоты, и проч. *Малюсъ* назвалъ сіе свойство свѣта *поляризаціею;* ибо, послѣдуя системѣ истеченія, онъ допускалъ, что при семъ отраженіи, такъ и прохожденіи свѣта сквозь кристаллы, оказывающіе двоякое преломленіе, частицы онаго обращаются въ одинакія стороны пространства подобными *полюсами.*

504. *Поляризація отраженнаго свѣта.* — Ежели полированною стеклянною пластинкою, неподложенною амальгамою, отразить солнечный свѣтъ подъ угломъ 35° 25′, то онъ весь дѣлается *поляризованнымъ*: ибо если отраженный лучь принять въ какой ни есть точкѣ его пути на другую стеклянную пластинку полированную и также неподложенную амальгамою, подъ тѣмъ же угломъ 35° 25′; то онъ или весь его отражается или весь проходитъ на сквозь, смотря по тому, будетъ ли плоскость втораго отраженія перпендикулярна или параллельна плоскости перваго отраженія.

505. Наибольшую часть явленій поляризаціи свѣта можно производить посредствомъ слѣдующаго инструмента, который впередъ буду называть *поляризаторомъ.* Онъ состоитъ изъ мѣдной трубы TT′ (фиг. 265), на концахъ которой надѣты двѣ короткія трубки T, T′, кои можно поворачивать около главной трубы. На каждой изъ сихъ трубокъ находится круговое дѣленіе на градусы, и на каждой утверждены по двѣ мѣдныя полоски *xx*, *zz*, діаметрально противоположныя и параллельныя съ осью трубы. Между верхними двумя полосками находится зеркало *nn′*, обращающееся около оси

перпендикулярной къ *xx*. Нижнія двѣ полоски поддерживаютъ кольцо *kk*, перпендикулярное къ оси трубы. Ниже сего кольца, на подставкѣ R, утверждены двѣ параллельныя полоски *a*, перпендикулярныя къ оси трубы, и поддерживающія зеркало *mm′*, которое можетъ обращаться около оси перпендикулярной къ симъ полоскамъ, и пересѣкаетъ ось трубы подъ прямымъ угломъ. Движеніе каждаго зеркала измѣряется градусами круговъ, прикрѣпленныхъ сбоку полосокъ.

Желая изслѣдывать свойства отраженнаго солнечнаго свѣта, надобно отразить оный зеркаломъ *mm′* по оси трубы, и принять на зеркало *nn′*: послѣ чего можно будетъ зеркалу *nn′* давать всѣ возможныя положенія въ отношеніи къ оному лучу, либо наклоняя оное къ падающему лучу подъ разными углами, либо вращая трубку T около конца большой трубы для отраженія сего луча въ ту или другую сторону.

506. Чтобы показать употребленіе сего прибора, повторимъ на ономъ вышепомянутый опытъ Малюса. Для сего надлежитъ употребить зеркала *mm′*, *nn′* стеклянныя, которыхъ заднія стороны должны быть матовыя и закрытыя тушью; поставить нуль дѣленія трубокъ на прямую линію (начерченную на трубѣ); а зеркала расположить такъ, чтобы онѣ съ осью трубы составляли уголъ въ 35° 25′. Принявши на нижнее зеркало *mm′ свѣтъ, идущій отъ облаковъ*, надлежитъ поворачивать весь инструментъ около шарнира S дотолѣ, пока онъ упадетъ на сіе зеркало подъ угломъ 35° 25′, слѣдственно подъ тѣмъ же угломъ отразится отъ онаго по оси трубы, и подъ тѣмъ же угломъ упадетъ на зеркало *nn′*: сіе не трудно узнать; ибо тогда въ зеркалѣ *nn′* покажется изображеніе отверстія трубы въ

видѣ бѣлаго кружка, надъ которымъ и должно производить наблюденія.

Если будемъ поворачивать короткую трубку T, то зеркало *nn'* будетъ обращаться около отраженнаго луча, и будетъ всегда съ нимъ составлять уголъ въ 35° 25': только плоскость втораго отраженія необходимо будетъ составлять различные углы съ плоскостью перваго отраженія. Не упуская изъ виду свѣтлаго кружка видимаго во второмъ зеркалѣ *nn'*, откроется слѣдующее:

Когда зеркала *mm'*. *nn'* параллельны другъ другу, и слѣдственно *плоскость втораго отраженія соупадаетъ; съ плоскостью перваго отраженія;* то видимый кружокъ въ зеркалѣ *nn'* представляется бѣлымъ и блестящимъ, и количество свѣта, отраженное симъ зеркаломъ, бываетъ *наибольшее.*

По мѣрѣ того, какъ плоскость втораго отраженія начинаетъ удаляться отъ параллелизма съ первою, количество отраженнаго свѣта зеркаломъ *nn'* уменьшается. Наконецъ, *когда плоскость втораго отраженія сдѣлается перпендикулярною къ плоскости перваго отраженія,* описавъ четверть круга, то въ зеркалѣ *nn'* изображеніе свѣтлаго кружка совершенно изчезаетъ. Слѣдственно весь свѣтъ падающій проходитъ насквозь не отражаясь.

Обращая короткую трубку T далѣе первой четверти круга, снова покажутся тѣже явленія, только въ обратномъ порядкѣ; то есть, отраженный свѣтъ снова появится сперва слабый, и будетъ постепенно усиливаться такъ, какъ онъ прежде ослабѣвалъ. *И когда плоскость втораго отраженія опять соупадетъ съ плоскостью перваго отраженія*, поворотившись до 180°;

тогда снова количество отраженнаго свѣта получается *наибольшее.*

При дальнѣйшемъ обращеніи трубки T, количество отраженнаго свѣта начнетъ уменьшаться, и сдѣлается ничтожнымъ, когда плоскости отраженій сдѣлаются взаимно перпендикулярны; но будетъ опять увеличиваться въ послѣдней четверти поворота.

507. Изъ сего видно, что во время полнаго оборота зеркала nn', количество отражаемаго имъ свѣта, имѣетъ двѣ наибольшія степени при углахъ 0°, 180° наклоненія плоскостей отраженія, и двѣ наименьшія степени при углахъ наклоненія 90° и 270°. Всѣ сіи измѣненія свѣта выразятся весьма точно, полагая, что *количество свѣта* F', *отражаемаго вторымъ зеркаломъ, пропорціонально квадрату косинуса угла* i, *составляемаго плоскостями отраженія; а количество* F'' *свѣта, пропускаемаго второю пластинкою, пропорціонально квадрату синуса того же угла,* именно

$$F' = F.cos^2.i, \quad F'' = F.sin^2.i,$$

гдѣ F есть все количество употребленнаго свѣта.

Опытъ сей показываетъ ясно, что стороны отраженнаго луча не имѣютъ одинакихъ физическихъ свойствъ.

508. Всѣ гладкія поверхности тѣлъ способны поляризовать свѣтъ посредствомъ отраженія. Такимъ обр. стекло, дерево, мраморъ полированныя, капельныя жидкости, и проч., весьма хорошо поляризуютъ свѣтъ; но металлы, и тѣла имѣющія большую силу преломленія свѣта производятъ поляризацію несовершенную. Но каждое тѣло сообщаетъ свѣту *полную поляризацію* не при одномъ и томъ же углѣ паденія. Сей уголъ, который называютъ *угломъ поляризаціи*, бываетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ слабѣе преломляющая способность

тѣла. *Брюстеръ* открылъ, что, *при полной поляризаціи, отраженный лучъ почти точно бываетъ перпендикуляренъ къ лучу преломленному*; такъ что тангенсъ угла поляризаціи равняется показателю преломленія отражающаго тѣла. Наприм. для воды, кровигласа и алмаза показатели преломленія суть 1,336; 1,535 и 2,487; а углы поляризаціи 53° 11′, 56° 55′, 68° 6′. Изъ сего видно, что зная показателя преломленія можно найти уголъ поляризаціи, и на оборотъ.

509. *Какимъ бы тѣломъ свѣтъ ни былъ поляризованъ, онъ получаетъ отъ сего совершенно одинакія свойства.* Во всѣхъ оныхъ случаяхъ, двѣ плоскости отраженія должны быть между собою перпендикулярны, дабы свѣтъ отраженный первою пластинкою могъ весь проходить сквозь вторую. Такимъ об. въ *поляризаторѣ* (фиг. 265) можно взять двѣ полированныя пластинки *nn′*, *mm′* изъ различныхъ тѣлъ, на прим. одну мраморную, а другую стеклянную; на стеклянную пластинку *mm′* принять свѣтъ подъ угломъ 35°25, и отраженный лучъ принять на пластинку *nn′* подъ свойственнымъ ей угломъ поляризаціи, и при томъ такъ, чтобы плоскость втораго отраженія была перпендикулярна къ плоскости перваго отраженія: тогда весь поляризованный свѣтъ пройдетъ сквозь оную, либо приведется въ бездѣйствіе. Наконецъ, измѣненія въ количествѣ свѣта отражаемаго второю пластинкою, соотвѣтственныя тѣмъ же угламъ наклоненія двухъ плоскостей отраженія, происходятъ по однимъ и тѣмъ же законамъ (507).

510. *Плоскостію поляризаціи* называется плоскость перваго отраженія луча, въ которой свѣтъ получаетъ совершенную поляризацію. Она проходитъ чрезъ двѣ

боковыя стороны луча, коими онъ можетъ весь отражаться отъ всякой полированной пластинки, падая на оную подъ угломъ поляризаціи. Сею-то плоскостью опредѣляютъ сторону поляризаціи луча.

511. Когда поляризованный лучь свѣта встрѣчаетъ какую ни есть поверхность подъ угломъ различнымъ отъ угла поляризаціи; то одна только его часть получаетъ совершенную поляризацію, а другая остается въ естественномъ состояніи. Въ семъ случаѣ количество отраженнаго свѣта измѣняется по закону гораздо сложнѣйшему съ измѣненіемъ угла наклоненія между плоскостями перваго и втораго отраженія. Френель показалъ, что если принять за единицу количество падающаго поляризованнаго свѣта, означить чрезъ T количество свѣта отраженнаго, чрезъ i уголъ паденія, чрезъ r соотвѣтственный уголъ преломленія въ ономъ тѣлѣ, и чрезъ A уголъ плоскости поляризаціи свѣта съ плоскостью втораго отраженія; то

$$T = \frac{Sin^2.(i-r)}{Sin^2.(i+r)}.\cos^2 A + \frac{tang^2.(i-r)}{tang^2.(i+r)}.\sin^2.A.$$

512. Если лучь свѣта, получившій *не полную поляризацію* посредствомъ отраженія, будетъ отраженъ во второй разъ *въ той же плоскости*; то его поляризація сдѣлается полнѣе, то есть, что въ немъ останется меньшее количество неполяризованнаго свѣта. Послѣ нѣсколькихъ отраженій сей лучь можетъ получить совершенную поляризацію, хотя бы ни одного отраженія не произошло подъ угломъ поляризаціи. Док. *Брюстеръ* открылъ, что одно отраженіе отъ стекла подъ угломъ паденія въ 56°45′, или два отраженія подъ угломъ паденія 62°30′ и 50°20′, либо три отраженія подъ углами паденія 65°33′ и 46°30′, либо четыре подъ

углами 67°33′ и 43° 51′, и т. д. производятъ равно полную поляризацію.

513. *Поляризація посредствомъ двойнаго преломленія.*— Ежели изъ большаго кристалла Исландскаго шпата приготовить трехугольную призму, которой бы ребра были параллельны оси его двоякаго лучепреломленія; потомъ, сдѣлавъ ее ахроматическою посредствомъ другой призмы изъ кровн-гласа, укрѣпить на кольцѣ *kk* (фиг. 265) поляризатора, и провесть сквозь оную лучь свѣта : тогда вышедшіе два луча обыкновенный и необыкновенный, бывъ приняты на стекло *nn′* подъ угломъ 35°25′, по испытаніи окажутся оба совершенно поляризованными. Только *ихъ плоскости поляризаціи будутъ перпендикулярны одна къ другой* : лучь обыкновенный будетъ поляризованъ въ плоскости главнаго сѣченія кристалла, а лучь необыкновенный — въ плоскости къ ней перпендикулярной. Ибо, когда главное сѣченіе параллельно плоскости отраженія отъ зеркала *nn′*, то въ семъ зеркалѣ видно бываетъ одно обыкновенное изображеніе ; а когда главное сѣченіе перпендикулярно къ плоскости отраженія, то видимо бываетъ одно необыкновенное изображеніе. Въ промежуточныхъ же положеніяхъ показываются два изображенія. При семъ количество свѣта отражаемаго луча обыкновеннаго измѣняется пропорціонально квадрату косинуса, а количество отраженнаго необыкновеннаго луча пропорціонально квадрату синуса угла наклоненія плоскости главнаго сѣченія съ плоскостью отраженія (507).

514. Обратно, если принять облачный свѣтъ на нижнее зеркало *mm′* подъ угломъ 35°25′, и поляризованный лучь пропустить сквозь призму Исландскаго шпата (утвердивъ оную на особой короткой трубкѣ

T'', которую должно надѣть на трубу поляризатора вмѣсто T); то сей лучь раздѣляется вообще на двѣ части не равной густоты. Если поворотить трубку T'' такъ, чтобы главное сѣченіе сдѣлалось параллельнымъ плоскости отраженія; то весь получитъ преломленіе обыкновенное, и не раздѣлится на двѣ части. Поворачивая трубку T'', увидимъ, что покажутся два изображенія, изъ коихъ обыкновенное станетъ ослабѣвать, а необыкновенное — становиться свѣтлѣе; и когда плоскость главнаго сѣченія сдѣлается перпендикулярною къ плоскости отраженія, то весь лучь получитъ преломленіе необыкновенное, потому что останется необыкновенное изображеніе, и будетъ имѣть наибольшую силу свѣта, и т. д.

515. Если два луча, на кои раздѣляется дневный свѣтъ при своемъ прохожденіи сквозь известковый шпатъ, пропустить сквозь другой кусокъ известковаго шпата (или другаго подобнаго кристалла) перпендикулярно къ его поверхности : то ни одинъ изъ оныхъ лучей не раздѣлится на два и не перемѣнитъ своихъ качествъ, когда главныя сѣченія кристалловъ будутъ между собою параллельны) ибо сквозь оба кристалла видимы бываютъ только обыкновенное и необыкновенное изображенія предмета. Также, когда главныя сѣченія кристалловъ будутъ взаимно перпендикулярны, то и тогда лучи, проходящіе сквозь второй кристаллъ, не раздѣлятся на два; ибо и въ семъ случаѣ увидимъ только два изображенія предмета. Свойства же оныхъ лучей перемѣнятся : обыкновенный лучь перваго кристала сдѣлается необыкновеннымъ пройдя сквозь второй, а лучь обыкновенный сдѣлается необыкновеннымъ. При всѣхъ же другихъ промежуточныхъ положеніяхъ каж-

дый изъ лучей перваго кристалла, пройдя сквозь второй, раздѣлится на два луча обыкновенный и необыкновенный; ибо глазъ увидитъ четыре изображенія предмета (*). Сіи четыре луча бываютъ равносильны, когда главныя сѣченія составляютъ между собою уголъ въ 45°. При другихъ же углахъ они не имѣютъ одинакой силы, но, при поворачиваніи одного кристалла надъ другимъ, два начальныхъ луча усиливаются, а два вторичные ослабѣваютъ, когда плоскости сѣченій приближаются къ параллелизму; и на оборотъ, два вторичные луча усиливаются, а начальные ослабѣваютъ, когда плоскости сѣченій приближаются ко взаимной перпендикулярности.

516. Изъ предъидущаго видно, что кристалы, одаренные двойнымъ преломленіемъ свѣта, съ пользою могутъ быть употреблены для различія свѣта поляризованнаго отъ не поляризованнаго, и для опредѣленія стороны поляризаціи. Для сей цѣли употребляютъ не рѣдко пластинку турмалина толщиною въ $\frac{1}{2}$ линіи, съ параллельными плоскостями, у которой грани должны быть параллельны оси кристалла. Ежели на оную пластинку принять поляризованный лучь, котораго плоскость поляризаціи перпендикулярна къ ея оси, то онъ проходитъ на сквозь; но сей лучь не пройдетъ сквозь нее, когда сія плоскость параллельна оси. Изъ

(*) Сіе же самое дѣйствіе происходитъ при отраженіи лучей обыкновеннаго и необыкновеннаго внутри кристалла: сіи лучи также послѣ отраженія либо не раздѣляются на два луча, либо снова раздѣлятся каждый на два, смотря потому, остаются ли онѣ послѣ отраженія въ плоскости главнаго сѣченія или нѣтъ.

сего видно, что пластинка турмалина поляризуетъ проходящій сквозь нее свѣтъ въ сторону перпендикулярную къ ея оси.

517. *Поляризація при простомъ преломленіи свѣта.*— Отраженіе и двойное преломленіе не суть единственныя обстоятельства, сообщающія свѣту простую поляризацію; ее можно производить простымъ преломленіемъ свѣта. Ежели составить колонну изъ нѣсколькихъ стеклянныхъ параллельныхъ пластинокъ, отдѣленныхъ одна отъ другой слоями воздуха, и сквозь оную пропустить косвенно лучь свѣта; то онъ или весь или только частію становится поляризованнымъ. Ибо, ежели пропущенный свѣтъ станемъ разсматривать сквозь ромбоедръ Исландскаго шпата, то онъ вообще раздѣляется на двѣ части не равной густоты; и ежели пластинокъ довольно, то онъ въ четырехъ прямоугольныхъ положеніяхъ ромбоедра не получитъ раздвоенія, слѣдственно окажется поляризованнымъ въ извѣстную сторону.

Явленіе сіе происходитъ не при одномъ какомъ нибудь углѣ паденія луча на стеклянныя пластинки, но начинается съ того предѣла, когда уголъ паденія перестаетъ быть прямымъ. Количество поляризованнаго свѣта увеличивается по мѣрѣ того, какъ падающій лучь становится косвеннѣе. На конецъ, при достаточномъ числѣ пластинокъ, и при нѣкоторомъ углѣ паденія, весь пропущенный свѣтъ получаетъ поляризацію. Достигши сего предѣла, свѣтъ удерживаетъ оное свойство при всѣхъ его прочихъ болѣе косвенныхъ паденіяхъ, приближающихся къ параллелизму со стеклами. — Количество пластинокъ, потребныхъ для сообщенія полной поляризаціи бываетъ различно, и за-

висипъ отъ густоты падающаго свѣта, и отъ природы самыхъ пластинокъ. Стеклянныхъ пластинокъ довольно десяти, чтобъ поляризовать свѣтъ заходящаго солнца; а листочковъ золота довольно двухъ, чтобы произвесть тоже дѣйствіе надъ лучами солнца при всѣхъ высотахъ онаго.

518. Кромѣ замѣченныхъ нами свойствъ поляризованнаго свѣта, лучи онаго имѣютъ еще весьма важное свойство, открытое Гг. *Френелемъ* и *Араго*, именно: лучи, поляризованные въ плоскостяхъ параллельныхъ, производятъ между собою интерференцію, подобно обыкновенному солнечному свѣту; но они вовсе не производятъ между собою интерференціи, когда ихъ плоскости поляризаціи бываютъ взаимно перпендикулярны, какова бы разность ни была въ путяхъ двухъ встрѣчающихся лучей. Смотри о семъ Tom. 2, Traité de phys. par. Peclét. pag. 450 — 499.

519. Открытіе простой поляризаціи свѣта показало вѣрной способъ опредѣлять въ данномъ кристаллѣ ось его двоякаго лучепреломленія. Для сего изъ онаго кристалла должно сдѣлать плитку съ параллельными гранями; укрѣпить оную на трубкѣ T″ поляризатора (фиг. 265); пропустить сквозь нее поляризованный лучь свѣта посредствомъ зеркала *mm′*; и поворачивать трубку T″ дотолѣ пока замѣтимъ два положенія кристаллической плитки, при коихъ будетъ видно только одно изображеніе отверстія трубы TT′: То, при одномъ изъ сихъ положеній, главное сѣченіе кристалла будетъ параллельно плоскости поляризаціи, а при другомъ перпендикулярно къ оной. Замѣтивъ сіи два положенія, сдѣлаемъ на плиткѣ кристалла два сѣченія по симъ двумъ направленіямъ: одно изъ сихъ направленій необ-

ходимо будетъ главнымъ сѣченіемъ, въ которомъ находится ось двоякаго лучепреломленія. Послѣ сего, параллельно онымъ двумъ сѣченіямъ, сдѣлаемъ на плитикѣ по двѣ новыя грани, и опредѣлимъ на нихъ также два направленія, въ коихъ проходящій лучь свѣта сохраняетъ свою начальную поляризацію: одно изъ сихъ направленій будетъ осью кристалла. А чтобъ увѣриться, которое именно, надлежитъ только сдѣлать двѣ призмы, изъ коихъ бы одна имѣла двѣ грани, перпендикулярныя къ одному, а другая — къ другому направленію, и смотрѣть, которая изъ оныхъ призмъ сквозь сіи двѣ грани не удвояетъ предметовъ; по тому направленію и находится ось кристалла. Сей способъ придуманъ Малюсомъ, и употребленъ Біотомъ къ точному опредѣленію оси въ сѣрнокислой извести (гипсѣ), въ такомъ кристаллѣ, пластинки коего обыкновенно употребляются при разсмотрѣніи законовъ цвѣтной поляризаціи. Сія ось лежитъ въ плоскости пластинокъ.

Цвѣтная поляризація.

520. Цвѣтною поляризаціею называютъ то измѣненіе поляризованнаго свѣта, которое онъ получаетъ, проходя сквозь тонкія пластинки кристалловъ, одаренныхъ двойнымъ преломленіемъ. Сіе неожиданное и весьма любопытное свойство поляризованнаго свѣта открыто Г. *Араго* 1811 года, и подробно изслѣдовано Біотомъ, Френелемъ, Брюстеромъ, Гершелемъ и другими. Мы ограничимся здѣсь только начальными явленіями цвѣтной поляризаціи; ибо изложеніе всѣхъ явленій оной составляетъ предметъ обширныхъ курсовъ Физики.

521. Мы видѣли (507), что когда облачный свѣтъ бываетъ отраженъ зеркаломъ *mm'* поляризатора (фиг, 265) подъ угломъ 35° 25', и потомъ принятъ подъ тѣмъ же угломъ на второе зеркало *nn'*, расположенное такъ, чтобы плоскость втораго отраженія была перпендикулярна къ плоскости перваго отраженія; то поляризованный свѣтъ не отразится отъ сего зеркала *nn'*. Въ сіе время, если на кольцо *kk* положить тонкую пластинку слюды или сѣрнокислой извести (гипса); тогда увидимъ, что поляризованный свѣтъ, прошедши перпендикулярно сквозь оную, частію отразится отъ втораго зеркала *nn'*, ибо въ стеклѣ появится изображеніе отверстія трубы: только оно не будетъ бѣлое, но будетъ окрашено особымъ цвѣтомъ. — Поворачивая трубку T' вмѣстѣ съ сею пластинкою, увидимъ, что сіе изображеніе не перемѣняетъ своего цвѣта, но только постепенно слабѣетъ; и, въ продолженіи полнаго оборота, четыре раза изчезаетъ, именно: когда ось двоякаго преломленія пластинки бываетъ параллельна или перпендикулярна къ плоскости начальной поляризаціи. Наибольшая сила свѣта оказывается тогда, когда сія ось составляетъ съ оною плоскостью уголъ въ 45°.

Если же оставимъ кольцо *kk* неподвижнымъ, а будемъ вращать трубку T съ ея зеркаломъ *nn'*, то начнетъ измѣняться природа цвѣта видимаго въ немъ изображенія. Когда плоскость втораго отраженія сдѣлается параллельна плоскости перваго отраженія; то вмѣсто перваго цвѣта появится цвѣтъ ему дополнительный.

522. Если вмѣсто зеркала *nn'* употребимъ стекло, имѣющее заднюю поверхность матовую; то увидимъ,

что отъ передней его поверхности будутъ отражаться прежніе цвѣтные лучи, а на сквозь его будутъ проходить лучи цвѣтовъ дополнительныхъ. Изъ сего видно, что весь свѣтъ, прошедшій сквозь кристаллическую пластинку, представляется состоящимъ изъ лучей цвѣтныхъ двоякаго рода, изъ коихъ одни сохраняютъ свою начальную поляризацію, а другіе отъ дѣйствія сей пластинки получаютъ поляризацію въ другую сторону.

523. Всѣ описанныя здѣсь явленія еще лучше можно произвесть, употребляя ромбоедръ Исландскаго шпата вмѣсто зеркала *nn'*. Для сего на трубу поляризатора должно надѣть трубку T'' съ кристалломъ сего шпата, и разположить такъ, чтобы плоскость главнаго сѣченія была параллельна плоскости отраженія свѣта отъ зеркала *mm'*: тогда, какъ извѣстно (513), видно бываетъ одно бѣлое изображеніе отверстія трубы, а необыкновенное изчезаетъ. Но сіе послѣднее снова появится, если на кольцо *kk* положить тонкую пластинку гипса, которой бы главное сѣченіе было ни параллельно и не перпендикулярно къ плоскости начальной поляризаціи. Оба изображенія кажутся окрашены различными цвѣтами, дополнительными одинъ другому; ибо въ томъ мѣстѣ, гдѣ одно изображеніе закрывается отчасти другимъ, тамъ онѣ кажутся бѣлыми. Изъ сего также видно, что пластинка гипса различно дѣйствуетъ на части поляризованнаго свѣта, сквозь нее проходящаго: однѣ изъ нихъ удерживаютъ свою начальную поляризацію, а другія пріобрѣтаютъ поляризацію въ новомъ направленіи.

Поворачивая тонкую пластинку въ собственной ея плоскости, открываются слѣдующія явленія: когда ея

ось находится въ плоскости главнаго сѣченія ромбоедра, то необыкновенное изображеніе изчезаетъ; а остается одно изображеніе обыкновенное бѣлаго цвѣта. Когда же ось пластинки начинаетъ дѣлать уголъ съ плоскостью главнаго сѣченія, то является цвѣтное изображеніе необыкновенное, котораго сила свѣта постепенно увеличивается: изображеніе обыкновенное также начинаетъ становиться цвѣтнымъ, и густота его цвѣта возразрастаетъ также постепенно. Когда ось пластинки опишетъ уголъ въ 45°, то оба изображенія получатъ наибольшую густоту въ цвѣтѣ ихъ. Когда ось пластинки опишетъ уголъ въ 90°, то останется опять одно обыкновенное изображеніе бѣлое, а необыкновенное исчезнетъ. Тѣже самыя явленія повторяются и въ прочихъ трехъ четвертяхъ обращенія оси. Слѣдственно, при углахъ 0, 90°, 180°, 270°, весь свѣтъ проходитъ въ состояніи луча обыкновеннаго; а при углахъ 45°, 135°, 225°, 315°, показываются оба цвѣтныя изображенія, обыкновенное и необыкновенное въ наибольшей густотѣ цвѣта ихъ.

Но ежели поставить ось пластинки такъ, чтобы она составляла уголъ 45° съ плоскостью отраженія, и, оставивъ ее неподвижною, будемъ вращать вправо или влѣво трубку T'' съ ромбоедромъ Исландскаго шпата; то оба цвѣтныя изображенія отверстія трубы начинаютъ ослабѣвать въ своемъ цвѣтѣ, и сдѣлаются оба бѣлыми, когда главное сѣченіе ромбоедра опишетъ уголъ въ 45°. При дальнѣйшемъ вращеніи ромбоедра, снова показываются цвѣты на изображеніяхъ въ порядкѣ, совершенно обратномъ предъидущему; и когда главное сѣченіе опишетъ уголъ въ 90°, то оба изображенія сдѣлаются точно такими, каковыми онѣ были

въ началѣ опыта. Тѣже явленія повторяются и въ послѣднихъ двухъ четвертяхъ обращенія ромбоедра: такъ что, во время полнаго оборота будутъ находиться четыре положенія, удаленныя послѣдовательно одно отъ другаго на 90°, при коихъ цвѣты двухъ изображеній получаютъ наибольшую густоту, и четыре другихъ положенія, среднія между предъидущими, при коихъ оба изображенія становятся бѣлыми.

524. Что касается до вида цвѣтовъ изображеній, то онъ зависитъ отъ толстоты пластинки, ея природы и угла наклоненія къ поляризованному лучу, сквозь нее проходящему. Пластинки горнаго хрусталя и гипса показываютъ цвѣтныя изображенія, когда имѣютъ толстоту гораздо меньшую ½ миллиметра: при толстотѣ же большей онѣ кажутся оба безцвѣтными. Съ измѣненіемъ толстоты пластинки измѣняется только цвѣтъ видимыхъ изображеній; густоты же цвѣта ихъ всегда измѣняются тождественнымъ образомъ при одинаковыхъ положеніяхъ. *Біотъ* открылъ, что цвѣты сіи совершенно равны цвѣтамъ колецъ, наблюденныхъ Ньютономъ въ тонкихъ пластинкахъ прозрачныхъ тѣлъ: изъ нихъ цвѣтъ, отражаемый стекломъ nn' (въ опытѣ 521), или цвѣтъ изображенія необыкновеннаго (въ опытѣ 523), всегда бываетъ цвѣтомъ какого нибудь кольца, видимаго чрезъ отраженіе; а цвѣтъ дополнительный есть цвѣтъ кольца видимаго посредствомъ проходящаго цвѣта. Сверхъ сего *толстоты пластинокъ однородныхъ, производящія различные цвѣты, пропорціональны толстотамъ пластинокъ воздуха, отражающихъ тѣже самые цвѣты, въ явленіяхъ цвѣтныхъ колецъ.* А Док. Юнгъ замѣтилъ, что разность въ пути между лучами обыкновеннымъ и необыкновен-

нымъ, выходящими изъ кристаллической пластинки, точно равна разности въ пути лучей отраженныхъ отъ первой и отъ второй поверхности пластинки воздуха, показывающей тотъ же цвѣтъ, и что сіе нумерическое тождество сохраняется при всѣхъ наклоненіяхъ оныхъ лучей относительно оси кристалла.

525. Явленія сіи привели Біота къ заключенію, что частицы свѣта, вступая въ кристаллъ, одаренный двоякимъ преломленіемъ свѣта, получаютъ постоянное направленіе (простую поляризацію) не прежде, какъ проникнувъ до нѣкоторой малой глубины, различной для каждаго кристалла, смотря по величинѣ его силы притягательной или отталкивательной; что, при прохожденіи оной глубины, оси частицъ свѣта совершаютъ качанія по ту и по другую сторону плоскостей, въ коихъ онѣ должны получить опредѣлительное и неизмѣнное направленіе. Сіе то состояніе частицъ свѣта Біотъ и назвалъ *подвижною поляризацiею*.

526. Когда поляризованный лучь проходитъ сквозь двѣ пластинки, кои обѣ имѣютъ или оси положительныя или оси отрицательныя (492), то обнаруживаетъ цвѣты совершенно равные суммѣ частныхъ цвѣтовъ ими производимыхъ, когда оси пластинокъ параллельны; или равные разности сихъ цвѣтовъ, когда оси пересѣкаются перпендикулярно (Біотъ).

527. Когда поляризованный лучь проходитъ сквозь двѣ пластинки, изъ коихъ одна съ осью положительною, а другая съ осью отрицательною, то получается цвѣтъ равный разности цвѣтовъ частныхъ, когда ихъ оси параллельны; или равный суммѣ, когда ихъ оси взаимно перпендикулярны. — Въ семъ законѣ открывается способъ наблюдать явленія цвѣтной поляриза-

ціи съ помощію двухъ толстыхъ пластинокъ, и способъ различать положительные кристаллы отъ отрицательныхъ (Біотъ).

528. Ежели поляризованный свѣтъ проходитъ косвенно сквозь кристаллическую пластинку, которой ось остается перпендикулярною къ его направленію; то она дѣйствуетъ такъ, какъ бы имѣла бо̀льшую толстоту: отъ сего видимые въ ней цвѣты понижаются въ порядкѣ цвѣтныхъ колецъ. Но если въ тоже время и самая ось пластинки будетъ наклонена къ направленію свѣта, то произойдутъ два дѣйствія: одно зависящее отъ приращенія пути свѣта внутри пластинки, которое стремится понизить видимые цвѣты въ порядкѣ колецъ, а другое зависящее отъ наклоненія оси, которое ослабляетъ предъидущее дѣйствіе, и стремится возвысить оные цвѣты. Отъ сихъ двухъ вліяній пластинка дѣйствуетъ такъ, какъ бы она сдѣлалась тонѣе (Біотъ).

Подробное изложеніе явлепій поляризаціи см. въ Traité de phys. expér. et mathèm. par. I. B. Biot. tom. IV. pag. 253 — 599. Изъясненіе же оныхъ по системѣ волненій см. въ Traité élém. de phys. par. E. Peclét, tom. 2. pag. 432 — 488.

ОТДѢЛЕНІЕ ВТОРОЕ.

О ДВИЖЕНІЯХЪ ТЕПЛОРОДА.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Свободное распространеніе теплорода.

529. Изслѣдывая различныя состоянія тѣлъ въ первой части оной книги, мы приведены были къ заключенію, что во всѣхъ тѣлахъ существуетъ *теплородъ* въ видѣ тончайшаго начала, невзвѣшиваемаго и невидимаго, одареннаго разширительною силою, по дѣйствію коей онъ стремится изходить изъ тѣлъ, и удерживаетъ части оныхъ на большихъ или меньшихъ разстояніяхъ. Но тамъ мы разсматривали теплородъ только въ различныхъ его случаяхъ равновѣсія съ силою частичнаго притяженія для изъясненія различнаго состоянія тѣлъ. Здѣсь же мы будемъ разсматривать преимущественно движенія теплорода какъ въ свободныхъ пространствахъ такъ и внутри тѣлъ, когда онъ стремится въ нихъ пріити къ равновѣсію, и покажемъ обстоятельства, имѣющія вліяніе на его входъ и выходъ изъ тѣлъ.

530. Теплородъ выходитъ изъ нагрѣтаго тѣла во всѣ стороны, и въ свободномъ пространствѣ распростра-

няется по прямымъ линіямъ, подобно свѣту. Онъ, удаляясь отъ своего источника, становится рѣже и слабѣе, и *сила его измѣняется въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.* Законъ сей однако же имѣетъ всю точность тогда, когда теплородъ распространяется въ пустотѣ : при распространеніи же въ воздухѣ или другой срединѣ сила теплорода измѣняется гораздо въ большемъ отношеніи.

Весьма вѣроятно, что *скорость* теплорода, свободно распространяющагося, одинакова со скоростію свѣта.

531. Теплородъ, встрѣчая какое ни есть тѣло, вообще раздѣляется на двѣ части, изъ коихъ одна отражается отъ онаго, а другая частію свободно проходитъ сквозь тѣло, частію же задерживается частицами онаго, и отъ одной частички къ другой передается въ видѣ лучей, и такимъ образомъ распространяется по массѣ онаго, ежели только тѣло не перемѣняетъ при семъ своего состоянія.

532. *Отраженіе теплорода.* — Теплородъ отражается отъ поверхности тѣлъ подобно свѣту, *дѣлая уголъ отраженія равный углу паденія.* Сіе свойство открыто Шведскимъ Химикомъ *Шеле* въ 1781 году, и обыкновенно подтверждается слѣдующимъ опытомъ. Возмемъ два вогнутыя металлическія зеркала A, B, (фиг. 266), сферическія или параболическія, и поставимъ одно противъ другаго такъ, чтобы онѣ имѣли общую ось AB. Потомъ въ фокусъ f одного зеркала поставимъ шарикъ термометра или Румфордова термоскопа а въ фокусѣ F другаго внесемъ горячее тѣло (на пр. сосудъ съ кипящею водою, или накаленный кирпичъ); тогда въ фокусѣ f тотчасъ значительно возвысится температура, а внѣ онаго не будетъ примѣтно тако-

го возвышенія температуры. Ежели въ фокусѣ f поставить горючее тѣло, а въ фокусъ F внести раскаленные угли, и раздувать оные; то въ фокусѣ f положенное тѣло загорится, между тѣмъ какъ ближайшее зеркало B примѣтно не нагрѣется : но ежели у зеркала B отнять полировку (на пр. закоптить оное), тогда оно скоро нагрѣется отъ раскаленныхъ углей въ F; но тогда въ фокусѣ f не будетъ замѣтно возвышенія температуры. Сей опытъ показываетъ, что изъ раскаленныхъ углей изходятъ лучи теплорода во всѣ стороны, что они, падая на ближайшее зеркало B, отражаются отъ него подобно свѣту, и идутъ почти параллельно оси AB (353,3) ко второму зеркалу; отъ сего зеркала отражаются и собираются предъ нимъ въ одну точку, называемую фокусомъ, отъ чего температура оной становится гораздо выше.

Должно замѣтить, что движеніе воздуха не измѣняетъ примѣтно направленія лучей теплорода : ибо всѣ предъидущія явленія остаются безъ измѣненія, когда во время опытовъ дадимъ воздуху, находящемуся между зеркалами, сильное движеніе (*).

533. *Свободное прохожденіе теплорода сквозь прозрачныя тѣла.* — Теплородъ проходитъ свободно въ видѣ лучей не только сквозь толстыя слои воздуха, но и сквозь всѣ прозрачныя тѣла, подобно свѣту, на прим.

(*) Ежели въ фокусъ F вмѣсто горячаго тѣла внести кусокъ льда; то въ другомъ фокусѣ f значительно понизится температура; ибо въ семъ случаѣ термометръ въ f, какъ теплѣйшее тѣло, испускаетъ изъ себя лучи теплорода, кои дѣйствіемъ отраженія зеркалъ A и B, сообщаются льду.

сквозь воду, стекло, и проч.; только сила его ослабѣваетъ гораздо болѣе, нежели въ свободномъ пространствѣ. Для опредѣленія степени ослабленія теплорода въ ономъ случаѣ, возмемъ вогнутое зеркало AB (фиг. 267) металлическое и параболическое, и предъ нимъ расположимъ жестяной кубъ K съ кипящею водою, такъ чтобы одна грань сего куба была перпендикулярна къ оси CK: тогда теплородъ, приходящій отъ сего куба параллельно оси, отразится отъ зеркала, соберется въ его фокусѣ f, и заставитъ жидкость въ другомъ рукавѣ термометра подняться на нѣсколько градусовъ. Если между f и K поставить листъ стекла; то теплородъ пройдетъ и сквозь оное, но только въ меньшемъ количествѣ; ибо въ фокусѣ f окажется меньшая температура. Употребляя одинъ и тотъ же кубъ всегда съ кипящею водою, и на одинакомъ разстояніи отъ зеркала, и пропуская лучи теплорода сквозь двѣ, три, или болѣе, параллельныя пластинки стекла (или другаго тѣла) равной или опредѣленной толстоты, увидимъ, что теплородъ проходящій сквозь нихъ весьма быстро ослабѣваетъ.

Деларошъ открылъ, что теплородъ, прошедшій сквозь одну пластинку, ослабѣваетъ пропорціонально менѣе проходя сквозь вторую. Онъ же узналъ, что сквозь прозрачныя тѣла теплородъ проходитъ тѣмъ удобнѣе, чѣмъ температура тѣла, изъ коего онъ изходитъ, болѣе приближается къ раскаленію.

534. *Преломленіе лучей теплорода.* — Теплородъ, проходя свободно изъ одного прозрачнаго тѣла въ другое, преломляется въ ономъ по такимъ же законамъ, по какимъ преломляется свѣтъ. Мы видѣли, что лучи теплорода, сопровождающіе лучи свѣта, проходя сквозь

выпуклое стекло, собирается въ его фокусѣ; видѣли также, какимъ образомъ теплородъ преломляется проходя съ свѣтомъ сквозь стеклянную призму (405). *Дюфей* замѣтилъ первый, что и теплородъ безъ свѣта подверженъ преломленію: ибо, поднося выпуклое стекло къ горячимъ тѣламъ, замѣтилъ возвышеніе температуры въ его фокусѣ.

535. *Поляризація теплороды.* — Ежели солнечные лучи, сопровождаемые теплородомъ, отразить отъ поверхности стекла подъ угломъ 35°25′, и потомъ принять оные на другое полированное стекло подъ тѣмъ же угломъ; то увидимъ, что когда поляризованный свѣтъ или весь проходитъ сквозь второе стекло, или весь отражается отъ онаго (504), въ тѣхъ же случаяхъ и теплородъ или весь проходитъ или весь отражается, слѣдственно также бываетъ поляризованъ.

Берарь, первый сдѣлавшій сіе наблюденіе, показалъ, что сіе же дѣйствіе произходитъ и съ теплородомъ, изходящимъ безъ свѣта изъ какого ни есть горячаго тѣла.

536. Сіи столь близкія сходства теплорода съ свѣтомъ заставили многихъ отличнѣйшихъ ученыхъ считать теплородъ только видоизмѣненіемъ свѣта. — Защитники теоріи волненія (Румфордъ, Деви, Моренъ), производятъ свѣтъ и теплородъ отъ дрожательнаго движенія эѳира, и различаютъ одинъ отъ другаго только быстротою дрожаній. Послѣдователи же системы истеченія, особливо многіе химики допускаютъ, что съ великою силою отдѣляющійся теплородъ является намъ въ видѣ свѣта. Впрочемъ, наблюденія *Зеебека* (405)

и *Чиргаузена* (353,10) трудно согласить съ обѣими оными системами.

ГЛАВА ВТОРАЯ

О переходѣ тѣлъ къ равновѣсiю въ температурѣ, и обстоятельствахъ онаго, когда тѣла не перемѣняютъ своего состоянiя.

337. Когда въ пространствѣ, огражденномъ со всѣхъ сторонъ тѣлами, находится какое ни есть тѣло; то оно въ одно время испускаетъ изъ себя къ тѣламъ, и отъ нихъ принимаетъ на себя лучи теплорода. При семъ, ежели оно столько же испускаетъ изъ себя теплорода, сколько онаго принимаетъ отъ другихъ тѣлъ, то его температура остается постоянною, или находится *въ равновѣсiи* съ температурою окружающихъ тѣлъ. Но ежели оно теряетъ болѣе теплорода, нежели сколько приобрѣтаетъ, то оно нагрѣваетъ окружающiе предметы, а само охлаждается; если же прiобрѣтаетъ болѣе теплорода, нежели сколько теряетъ, то окружающiе предметы нѣсколько охлаждаются, а оно само нагрѣвается, и начинаетъ испускать изъ себя болѣе теплорода. Отъ такого взаимнаго обмѣна лучей, разность между количествомъ теплорода испускаемаго и приобрѣтаемаго становится постепенно менѣе, и чрезъ нѣкоторое время установляется равновѣсiе въ температурѣ. Подобнымъ же образомъ переходятъ къ равновѣсiю въ температурѣ два или нѣсколько тѣлъ, неприкасающихся между собою. Сiя

остроумная теорія придумана Женевскимъ профессоромъ *П. Прево* (*), и весьма хорошо согласуется со всѣми до селѣ извѣстными явленіями.

338. На переходъ тѣлъ къ равновѣсію въ температурѣ имѣютъ вліяніе слѣдующія обстоятельства : 1) на входъ и изходъ теплорода имѣютъ вліяніе природа и качество поверхности тѣлъ, отъ чего онѣ при одинакой температурѣ имѣютъ различныя способности испускать изъ себя, принимать въ себя, и отражать отъ себя лучи теплорода ; 2) на распространеніе теплорода по массѣ тѣлъ имѣетъ большое вліяніе ихъ различная *теплопроводность* ; и наконецъ 3) на количество его помѣщенія въ тѣлахъ при переходѣ отъ одной температуры до другой имѣетъ вліяніе ихъ различная *теплоемкость*.

339. Одно и тоже тѣло тѣмъ болѣе испускаетъ изъ себя и принимаетъ въ себя лучей теплорода, чѣмъ его поверхность имѣетъ меньшую степень гладкости, и наоборотъ. На примѣръ, если налить горячей воды въ два мѣдные сосуда, изъ коихъ одинъ полированный, а другой не полированный, и оставить охлаждаться при равныхъ прочихъ обстоятельствахъ ; то вода скорѣе будетъ охлаждаться въ послѣднемъ, нежели въ первомъ. Охлажденіе произойдетъ еще скорѣе, когда второй сосудъ будетъ снаружи закопченъ. — И обратно, єжели сіи два сосуда наполнить холодною водою, и нагрѣвать, поставивъ оба на горячую плиту ; то вода будетъ скорѣе нагрѣваться въ сосудѣ неполированномъ или закопченомъ, нежели въ полированномъ, потому

(*) Его Mémoire sur l'équilibre du feu см. въ Iourn. de phys. 1792, p. 314.

что сей последній большую часть лучей теплорода отражаетъ.

При одинакой степени гладкости, тѣла черныя и вообще темныхъ цвѣтовъ весьма удобно принимаютъ въ себя и испускаютъ изъ себя лучи теплорода; тѣла же бѣлыя большую часть лучей теплорода отъ себя отражаютъ, и потому медленнѣе нагрѣваются и медленнѣе охлаждаются. Такимъ образомъ, горячая вода скорѣе простываетъ въ сосудѣ, обложенномъ черною бумагою или чернымъ сукномъ, нежели въ сосудѣ обложенномъ бѣлою бумагою.

340. Внѣшнія части всякаго тѣла, бывъ нагрѣваемы, сами становятся какъ бы источниками теплорода; потому что начинаютъ оный распространять во всѣ стороны въ видѣ лучей, и сообщать другимъ ближайшимъ къ нимъ частицамъ тѣла; сіи частицы нагрѣваясь сообщаютъ теплородъ частямъ слѣдующимъ, и т. д. Но сіе распространеніе по массѣ различныхъ тѣлъ происходитъ съ различною скоростію. Нѣкоторыя тѣла скоро проводятъ теплородъ по массѣ ихъ, и потому скоро нагрѣваются и скоро охлаждаются: другія же очень медленно проводятъ теплородъ по массѣ ихъ, и отъ того медленно нагрѣваются и охлаждаются. *Къ хорошимъ проводникамъ теплорода* относятся металлы, ихъ сплавки и нѣкоторые камни; а *къ худымъ проводникамъ*: дерево, уголь, шерсть, перье, полотно, глина, стекло, смолы, жиръ, капельныя и воздухообразныя тѣла, и проч. Способность же тѣлъ скорѣе или медленнѣе проводить теплородъ называется *теплопроводностію*. Сіе различіе между тѣлами весьма легко открыть: если взять двѣ палочки, стеклян-

ную и мѣдную (длиною въ футъ), и опустить одними концами въ раскаленные угли, то чрезъ нѣсколько минутъ замѣтимъ, что у мѣдной палочки другой конецъ сдѣлается весьма горячь, тогда какъ у стеклянной онъ еще слабо нагрѣется. — Отъ сего-то къ металлической посудѣ, подвергаемой часто нагрѣванію, придѣлываютъ деревянныя ручки, чтобы можно было безъ опасенія браться за оныя. Отъ сего желѣзныя печи употребляются для осущенія покоевъ, а кирпичныя пѣчи для отапливанія покоевъ, и для продолжительнаго сохраненія въ нихъ теплоты. — Во всѣхъ случаяхъ, когда хотятъ защитить какое нибудь тѣло отъ потери въ немъ теплорода, или отъ сообщенія ему теплорода, окружаютъ оное со всѣхъ сторонъ худыми проводниками: на семъ основывается строеніе домовъ изъ дерева, кирпичей и глины; употребленіе полотна, суконъ и шелковыхъ матерій для платья, обвертываніе на зиму соломою деревьевъ; сохраненіе льда въ погребахъ до осени и долѣе. Такимъ же образомъ снѣгъ, какъ худой проводникъ, во время зимы закрывая землю, защищаетъ растенія отъ морозовъ, и проч.

341. Слѣдующій опытъ показываетъ, что капельныя тѣла суть весьма худые проводники теплорода. Въ стеклянномъ сосудѣ M (фиг. 268), наполненномъ какою нибудь жидкостію, поставимъ весьма чувствительный термоскопъ *abcd*, такъ чтобы онъ весь въ ней погружался, и чтобы его шарикъ A былъ на весьма маломъ разстояніи отъ поверхности жидкости; потомъ поставимъ на сію поверхность тонкій металлическій сосудъ съ кипящимъ масломъ или водою: тогда увидимъ, что слой жидкости, въ которомъ находится шарикъ *a* термоскопа, чрезвычайно медленно и слабо нагрѣва-

ется, хотя отъ горячаго сосуда находится на такомъ маломъ разстояніи.

342. Но если капельную жидкость нагрѣвать снизу, то она весьма скоро возвышается въ температурѣ. Сіе однако же произходитъ отъ того, что нижнія части, ближайшія къ источнику теплорода, нагрѣваясь чрезъ прикосновеніе ко дну сосуда, и разширясь, становятся рѣже; отъ сего поднимаются вверхъ, и сообщаютъ часть своего теплорода встрѣчающимся частямъ жидкости; не нагрѣтыя же части жидкости, будучи плотнѣе и слѣдовательно тяжелѣе, опускаются внизъ, и тамъ нагрѣвшись поднимаются опять вверхъ, и такимъ образомъ температура всей массы жидкаго тѣла возвышается очень скоро. Сіи движенія въ нагрѣваемой жидкости можно сдѣлать замѣтными, распустивъ въ оной древесныхъ опилокъ либо сургучнаго порошка. *Румфордъ* принималъ даже, что капельныя жидкости не иначе могутъ проводить теплородъ по массѣ ихъ, какъ посредствомъ оныхъ движеній, и что спокойная жидкость есть совершенный непроводникъ теплорода.

343. Тѣла воздухообразныя суть столь худые проводники, что даже нельзя утвердительно сказать, могутъ ли онѣ дѣйствительно проводить теплородъ по массѣ ихъ. Ежели онѣ весьма скоро нагрѣваются отъ прикосновенія къ твердымъ тѣламъ; то сіе произходитъ такимъ же образомъ, какъ и съ капельными жидкостями: то есть, что ихъ части принимая теплородъ отъ твердыхъ тѣлъ, и разширяясь онымъ, поднимаются вверхъ. Отъ сего образуются два тока, возходящій съ нагрѣтымъ воздухомъ, и низходящій — съ воздухомъ менѣе нагрѣтымъ. Явленія показываютъ, что для воз-

вышенія температуры воздухообразнаго тѣла нужно, чтобы каждая его часть пришла въ непосредственное прикосновеніе съ нагрѣтымъ тѣломъ. — Теперь не трудно понять, какимъ образомъ можно сохранять ледъ отъ таянія скораго въ металлическихъ сосудахъ, или горячую пищу отъ скораго охлажденія, окружая оные нѣсколькими оболочками, отдѣленными одна отъ другой слоемъ воздуха. — На семъ же основывается употребленіе двойныхъ оконныхъ рамъ зимою, и проч.

344. Тѣла воздухообразныя, имѣя чрезвычайно малую плотность, кажется, вовсе не нагрѣваются лучами теплорода, свободно сквозь нихъ проходящими. Убѣдительнѣйшій примѣръ сему представляетъ намъ земная атмосфера. Только нижній ея слой, который простирается до самыхъ высокихъ облаковъ, получаетъ возвышенія и пониженія въ своей температурѣ; въ верхнихъ же слояхъ оной господствуетъ постоянный холодъ, потому что лучи теплорода, приходящіе съ лучами свѣта отъ солнца, проходятъ сквозь нихъ, ни сколько не нагрѣвая. Отъ сего-то на вершинахъ высокихъ горъ лежатъ вѣчные льды и снѣги. — Что касается до нижняго слоя атмосферы, то онъ нагрѣвается слѣдующимъ образомъ: теплородъ вмѣстѣ съ солнечными лучами, достигая до земной поверхности безъ примѣтнаго измѣненія, поглощается твердыми тѣлами и нагрѣваетъ оныя; слой воздуха, прикасающійся къ нимъ непосредственно, нагрѣвается отъ прикосновенія къ онымъ, становится рѣже и поднимается вверхъ; холодный же воздухъ опускается внизъ, нагрѣвается и также поднимается вверхъ, и проч. Сему же нагрѣванію способствуютъ многія твердыя частицы, носящіяся въ нижнемъ слоѣ атмосферы, и разныя дру-

гія движенія въ немъ происходящія. Наконецъ, первоначальная теплота собственная земли нашей, которая примѣтна еще при ея поверхности, также способствуетъ нагрѣванію земныхъ предметовъ.

345. До 1760 года полагали, что для возвышенія температуры тѣлъ одинакой массы на одинакое число градусовъ, довольно каждому тѣлу сообщить равное количество теплорода : но съ сего времени *Блакъ* сдѣлалъ важное открытіе въ теоріи теплорода, показавъ, что *различныя тѣла природы, взятыя въ равныхъ массахъ, требуютъ различнаго количества теплорода, для возвышенія ихъ температуры на одинакое число градусовъ.* Сіе количество теплорода, различное для всякаго тѣла, называется *относительнымъ теплородомъ* (calorique spécifique) ; и способность тѣлъ принимать въ себя различное количество теплорода для своего нагрѣванія отъ одной извѣстной температуры до другой называется *теплоемкостію* (capacité pour calorique). Чтобы увѣриться въ ономъ свойствѣ тѣлъ, возмемъ фунтъ воды при температурѣ 34°, и смѣшаемъ оную съ фунтомъ ртути взятой при 0° ; то смѣсь получитъ температуру 33°. Здѣсь видно, что вода потеряла столько теплорода, что понизилась на одинъ градусъ въ температурѣ ; а ртуть, получивши отъ воды сей теплородъ, возвысилась въ температурѣ до 33°. Сіе показываетъ, что ртуть имѣетъ теплоемкость въ 33 раза менѣе теплоемкости воды. — Или, если смѣшать фунтъ воды взятой при 0° съ фунтомъ желѣзныхъ опилокъ, взятыхъ при 11° ; то смѣсь получитъ температуру = 1° ; слѣдственно теплоемкость воды въ 10 разъ болѣе теплоемкости желѣза. Сіе показываетъ вопервыхъ то, что познаніе температуры тѣлъ

вовся не ведетъ къ познанію количества теплорода ими содержимаго; а во вторыхъ, что при одинакихъ прочихъ обстоятельствахъ, то тѣло нагрѣется скорѣе, которое имѣетъ меньшую теплоемкость.

346. Когда тѣла различной температуры находятся между собою въ соприкосновеніи; то теплородъ переходитъ непосредственно изъ теплѣйшаго тѣла въ тѣло менѣе нагрѣтое точно такъ, какъ онъ переходитъ по массѣ одного и того же тѣла отъ одной частички онаго къ другой. Весьма вѣроятно, что и въ семъ случаѣ теплородъ передается въ видѣ лучей. Равновѣсіе въ температурахъ установляется въ болѣе или менѣе короткое время, смотря по степени теплоемкости и по степени теплопроводности оныхъ тѣлъ.

Ежели различные предметы прикасаются къ нашему тѣлу, то при переходѣ ихъ къ равновѣсію въ температурѣ съ нашимъ тѣломъ, произходятъ въ насъ особенныя ощущенія, именно: когда мы пріобрѣтаемъ болѣе теплорода, нежели сколько теряемъ, то ощущеніе сего мы называемъ *теплотою*, *жаромъ*, и проч. Если же мы теряемъ болѣе теплорода, нежели сколько пріобрѣтаемъ, то ощущеніе сего называемъ *холодомъ*, *морозомъ*, и проч.

ГЛАВА ТРЕТІЯ

БЛИЖАЙШЕЕ РАЗСМОТРѢНІЕ СВОЙСТВЪ, ИМѢЮЩИХЪ ВЛІЯНІЕ НА ПЕРЕХОДЪ ТѢЛЪ КЪ РАВНОВѢСІЮ ВЪ ТЕМПЕРАТУРѢ.

347. Узнавши обстоятельства, имѣющія вліяніе на переходъ тѣлъ къ равновѣсію въ температурѣ, многіе ученые старались опредѣлить, въ какой степени каждое тѣло имѣетъ способность испускать, принимать въ себя, и отражать теплородъ; какъ велика его относительная теплопроводность и теплоемкость.

Для сравненія испускательной способности тѣлъ берется жестяной кубъ К (фиг. 267), коего грани покрыты разными веществами, на прим. одна закопчена сажею, другая закрыта бѣлою бумагою, третья — тонкимъ стекломъ, а четвертая оставлена свободною и блестящею. Потомъ ставятъ оный кубъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ параболическаго зеркала АВ, одною гранью перпендикулярно къ его оси СК въ фокусѣ *f* зеркала ставятъ шарикъ дифференціальнаго термометра, а кубъ наполняютъ кипячею водою, и удерживаютъ при постоянной температурѣ во все продолженіе опыта. Лучи теплорода, идущіе къ зеркалу параллельно его оси, отражаются въ фокусъ *f*, нагрѣваютъ шарикъ термометра, и заставляютъ въ немъ жидкость подниматься : разность между температурами обоихъ шариковъ термометра покажетъ количество пропорціональное силѣ дѣйствія теплорода, испускаемаго стороною куба, обращенною къ зеркалу. Самая большая разность получится, когда къ зеркалу обращена бываетъ грань закопченая ; меньшее приращеніе температуры окажется, если поворотишь къ

зеркалу сторону куба, закрытую листомъ бумаги; еще менѣе окажется температура если поворотить къ зеркалу кубъ стороною стеклянною; и наконецъ самое меньшее дѣйствіе теплорода окажется, когда противъ зеркала будетъ поставлена сторона свободная и блестящая. Такіе же опыты можно производить, закрывая грани куба красками, лакомъ, полотномъ, и проч.

348. *Десли* и *Румфордъ* (*), производя подобные опыты, открыли:

а. Что лучи теплорода исходятъ *въ одно время* не изъ одной только поверхности тѣла, но изъ цѣлаго впрочемъ весьма тонкаго внѣшняго слоя тѣла. Ибо, если блестящую поверхность металлическаго тѣла покрыть тонкимъ слоемъ лака или краски, то она начинаетъ испускать болѣе теплорода: но количество испускаемаго теплорода окажется еще болѣе, если покрыть оную вторымъ, третьимъ, четвертымъ слоемъ лака. Сіе увеличеніе впрочемъ имѣетъ свой предѣлъ, когда наложенный лакъ получитъ извѣстную толстоту,

(*) *Румфордъ* для опредѣленія отношеній между испускательными способностями тѣлъ ставилъ щитокъ между двумя шариками своего термоскопа; потомъ противъ каждаго шарика, на линіи центровъ ихъ, ставилъ два тѣла, нагрѣтыя до одинакой температуры, и давалъ онымъ такія разстоянія отъ шариковъ, чтобы капля жидкости въ термоскопѣ стояла неподвижно противъ нуля дѣленія. Очевидно, что тогда каждый шарикъ получалъ одинакое количество лучей теплорода, и испускательныя способности оныхъ тѣлъ пропорціональны квадратамъ разстояній тѣлъ до ближайшихъ къ нимъ шариковъ термоскопа (344).

далѣе которой испускательная способность сдѣлается постоянною.

b. Что количество испускаемаго теплорода зависитъ только отъ природы упомянутаго внѣшняго слоя тѣла и отъ качества его поверхности; а не отъ природы тѣла скрываемаго подъ онымъ слоемъ. На прим. цилиндрическій сосудъ мѣдный наполненный водою, и сплошной мѣдный цилиндръ, при одинакой температурѣ и одинакой поверхности, испускаютъ равное количество теплорода. Всякое тѣло тѣмъ болѣе начинаетъ испускать теплорода чѣмъ тусклѣе и темнѣе становится его поверхность; неполированное тѣло испускаетъ болѣе теплорода, нежели полированное; бѣлое тѣло — болѣе, нежели цвѣтное.

c. Количество теплорода испускаемаго тѣломъ прямо пропорціонально его температурѣ и его поверхности.

d. Наконецъ, сила теплородныхъ лучей, косвенно изходящихъ изъ поверхности тѣла, менѣе силы лучей изходящихъ перпендикулярно къ оной, и *измѣняется пропорціонально синусу угла, составляемаго ими съ поверхностію.* Законъ сей, болѣе выводимый изъ умозрѣнія, оправдывается легко на опытѣ, давая грани куба K (фиг. 267) различныя углы наклоненія относительно оси CK, и замѣчая въ фокусѣ зеркала силу дѣйствія изходящаго теплорода посредствомъ дифференціальнаго термометра. Причина ослабленія силы теплорода, косвенно изходящаго изъ какой нибудь поверхности AB (фиг. 269); состоитъ въ томъ, что и частички внѣшняго слоя тѣла, подъ нею находящіяся, также испускаютъ теплородъ. Лучи теплорода, идущіе отъ какой нибудь частички C перпендикулярно къ AB, пройдя

сквозь меньшую массу тѣла, менѣе потеряютъ силы, нежели лучи наклонные къ AB, кои проходятъ сквозь большую массу тѣла (348, a).

349. Для опредѣленія того, въ *какой степени тѣла имѣютъ способность принимать въ себя теплородъ*, употребляется тотъ же приборъ (фиг. 267); кубъ K, наполненный кипящею водою, держатъ противъ зеркала AB только одною стороною; а фокусный шарикъ дифференціальнаго термометра закрываютъ послѣдовательно разными веществами, и наблюдаютъ разность температуръ. Изъ сихъ опытовъ найдено, что *способность принимать теплородъ пропорціональна способности испускать оный.*

350. *Для сравненія отражательной способности тѣлъ* опять употребляется тотъ же приборъ (фиг. 270); въ кубѣ K удерживается постоянно кипящая вода. Лучи теплорода, идущіе отъ сего куба параллельно оси зеркала, отражаются къ его фокусу: но ежели между фокусомъ и зеркаломъ поставить отражающую плоскость *mn* какого ни есть тѣла, то лучи теплорода, идущіе къ F, отразятся отъ нее какъ отъ зеркала, и соберутся въ f на разстояніи $pf = pF$. Въ сей точкѣ f надлежитъ поставить шарикъ дифференціальнаго термометра, и замѣтить разность между температурами его шариковъ, которая намъ и покажетъ степень отражательной способности плоскости *mn*. Повторяя сіи опыты надъ различными тѣлами *mn* различной полировки, найдено, что *отражательныя способности тѣлъ обратно пропорціональны ихъ способностямъ принимательнымъ и испускательнымъ*, какъ видно изъ слѣдующей таблички, составленной *Лесліемъ*, въ которой упо-

минутыя способности выражены числами имъ пропорціональными.

Испускат. способности.		*Отражат. способности.*	
Сажа	100	Желтая мѣдь	100
Вода	100	Серебро	90
Писчая бумага	98	Листовое олово	80
Кроунгласъ	90	Сталь	70
Китайс. тушь	88	Свинецъ	60
Тающій ледъ	85	Олово, покрытое ртутью	10
Ртуть	20	Стекло	10
Свинецъ блестящ.	19	Стекло, покрытое масломъ	5
Полиров. желѣзо	15	Сажа	0.
Олово, серебро, мѣдь, Золото	12		

351. *Для сравненія относительной теплопроводности тѣлъ Ингенгузъ* употребилъ слѣдующій способъ. Онъ взялъ жестяной ящикъ MN (фиг. 271), имѣющій въ боку нѣсколько отверстій; въ сіи отверстія онъ вставлялъ цилиндрики разныхъ металловъ, одинакой мѣры, покрытые тончайшимъ слоемъ воска; а въ сосудъ MN наливалъ кипящаго масла. Теплородъ, распространяясь по цилиндрикамъ, растаевалъ воскъ на ихъ поверхности. Ингенгузъ заключалъ объ относительной теплопроводности оныхъ тѣлъ по скорости и количеству растаявшаго воска. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что серебро и золото суть лучшіе проводники; послѣ нихъ слѣдуютъ мѣдь, олово и платина; потомъ желѣзо, сталь и свинецъ; гораздо хуже проводятъ теплородъ стекло, фарфоръ и глина; и еще хуже — уголь и сухое дерево.

352. Сей способъ Ингенгуса хотя показываетъ различіе между теплопроводностями тѣлъ, но не опредѣ-

ляетъ оной точнымъ образомъ. Посему Г. *Депре* употребилъ другой способъ, который показываетъ какъ законъ распространенія теплорода по твердымъ тѣламъ, такъ вмѣстѣ подаетъ возможность опредѣлять и теплопроводность ихъ. Изслѣдуемымъ тѣламъ онъ давалъ видъ призматическахъ полосъ; покрывалъ оныя достаточнымъ слоемъ лака, дабы онѣ имѣли одинакую испускательную способность, и по длинѣ ихъ дѣлалъ углубленія равно-отстоящія, для помѣщенія въ нихъ термометровъ. Расположивъ такую полосу горизонтально, онъ нагрѣвалъ ее съ одного конца постояннымъ источникомъ теплорода (именно хорошею лампою) до толѣ, пока она съ симъ источникомъ приходила къ равновѣсію въ температурѣ, и замѣчалъ показанія термометровъ.

Во время сего равновѣсія полоса не будетъ вездѣ равно нагрѣта; но части ея, ближайшія къ источнику теплорода получатъ температуру наибольшую, а части удаляющіяся будутъ имѣть постепенно меньшую температуру. Сіе не единообразное распредѣленіе теплорода происходитъ отъ того, что конецъ ab полосы af (фиг. 272), принимая теолородъ отъ лампы, часть онаго задерживаетъ при себѣ, другую сообщаетъ ближайшей части bc полосы, а третью или испускаетъ въ воздухъ въ видѣ лучей, или сообщаетъ частицамъ воздуха, нагрѣвая оныя. Часть ab, получивъ теплородъ, часть онаго также удерживаетъ при себѣ, другую часть передаетъ въ cd, а третью теряетъ въ воздухѣ, и т. д. А сіе показываетъ, что послѣдующія части полосы получаютъ постепенно менѣе и менѣе теплорода. Пока часть теплорода, теряемая въ воздухѣ каждымъ элементомъ полосы, менѣе части приобрѣта-

емой сю въ тоже время, то полоса нагрѣвается болѣе и болѣе : когда же части полосы начнутъ столько приобрѣтать теплорода, сколько онаго теряютъ, то полоса перестанетъ болѣе нагрѣваться.

Пришедши къ таковому равновѣсію въ температурѣ, лучшіе проводники теплорода, каковы: золото, серебро мѣдь, желѣзо, представляютъ весьма замѣчательный законъ распространенія теплорода. Ежели термометры, поставленные на полосѣ такого тѣла, отстоятъ отъ источника теплорода въ разстояніяхъ составляющихъ прогрессію 1, 2, 3, . . . ; то разности между температурами сихъ термометровъ и температурою окружающаго воздуха, составляютъ прогрессію геометрическую, въ которой отношеніе между послѣдовательными членами зависитъ только отъ теплопроводности полосы, откуда оная и можетъ быть найдена (*). Поступая такимъ образомъ Г. *Депре* нашелъ въ числахъ относительную теплопроводность слѣдующихъ тѣлъ :

Золото	1000
Платина	1000
Серебро	973,0
Мѣдь	898,2
Желѣзо	374,3
Цинкъ	363,0
Олово	303,9
Свинецъ	179,5
Мраморъ	23,6
Фарфоръ	12,2
Обыкновен. глина	11,4

(*) Формулы для вычисленія теплопроводности можно найти въ Théorie analytique de la chaleur, par Fourrier.

353. Если взять двѣ (или болѣе) полосы изъ одного и того же тѣла, различной толстоты, и нагрѣвать оныя съ одного конца одною и тою же лампою; то окажется, что точки, имѣющія одинакую температуру на обѣихъ полосахъ, не будутъ находиться въ равныхъ разстояніяхъ отъ нагрѣваемаго конца: но *сіи разстоянія будутъ пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ толстотъ полосъ.* Посему-то безъ опасенія можно держать въ рукѣ тонкую металлическую проволоку на маломъ разстояніи отъ ея раскаленнаго конца. — На семъ свойствѣ основывается устроеніе *Девіевой предохранительной лампы* (Ann. de chimie et de phys. tom 1, pag. 138).

Относительный теплородъ тѣлъ.

354. *Относительнымъ теплородомъ* называется то количество онаго, которое потребно, чтобы возвысить на 1° температуру тѣла, взятаго въ единицѣ вѣса.

Чтобы судить объ относительномъ теплородѣ тѣлъ, надлежитъ отдѣляющійся изъ нихъ теплородъ употребить для произведенія одинакихъ дѣйствій, которыя бы можно было измѣрять, и которыя были бы пропорціональны производящимъ ихъ причинамъ. Изъ всѣхъ дѣйствій теплорода таяніе льда или снѣга весьма удобно для сей цѣли: ибо снѣгъ всегда таетъ при температурѣ 0°, и обращается въ воду, имѣющую также температуру 0°, пока весь нерастаетъ. Теперь вообразимъ себѣ нѣсколько тѣлъ, взятыхъ въ единицѣ вѣса и при температурѣ 1°; что каждое тѣло окружено со всѣхъ сторонъ льдомъ или снѣгомъ, имѣющимъ температуру 0°: то каждое изъ нихъ, приходя къ равновѣсію въ

температурѣ съ снѣгомъ, сообщитъ ему часть своего теплорода, а само понизится до температуры 0°; отъ сего нѣкоторая часть снѣга обратится въ воду. Количество снѣга, растаяннаго каждымъ тѣломъ, будетъ различно, и будетъ зависѣть отъ количества теплорода потеряннаго каждымъ тѣломъ, и ему прямо пропорціонально. Взвѣсивъ воду, доставленную каждымъ тѣломъ, и сравнивъ оные вѣсы между собою, мы получимъ точное понятіе объ относительномъ теплородѣ оныхъ тѣлъ, а слѣдственно и объ относительной ихъ теплоемкости.

355. *За единицу относительнаго теплорода* принимаютъ то количество онаго, которое способно возвысить температуру воды отъ 0° до 1°, или понизить оную отъ 1° до 0° при охлажденіи. Единица сія опредѣляется слѣдующимъ образомъ: если смѣшать фунтъ воды, имѣющей температуру 75° Ц. т., съ фунтомъ толченаго льда или снѣга, взятаго при 0°; то получится 2 фунта капельной воды, имѣющей температуру 0°. Слѣдственно 1 фунтъ воды, понижаясь въ температурѣ отъ 75° до 0°, теряетъ столько теплорода, сколько нужно онаго, чтобы растаять 1 фунтъ льда, но не возвысить его температуры: а изъ сего уже и находятъ, что 1 фунтъ воды понижаясь отъ 1° до 0°, растопляетъ $\frac{1}{75}$ фунта снѣга своимъ потеряннымъ теплородомъ. Сіе-то неизвѣстное, впрочемъ постоянное количество теплорода и принимается за единицу.

356. ***Способъ Лапласа и Лавуазье.*** — Лапласъ и Лавуазье для опредѣленія относительнаго теплорода тѣлъ употребили особый приборъ, названный *калориметромъ*. Онъ состоитъ изъ трехъ металлическихъ коробокъ)фиг. 273), вставленныхъ одна въ другую такъ, чтобы

между ими оставались значительные промежутки: внутренняя коробка дѣлается сѣточная, а двѣ другія — изъ листоваго желѣза. Отъ промежуточной коробки *mn* идетъ внизъ трубка, закрываемая краномъ; внѣшняя коробка AB имѣетъ также внизу трубку съ краномъ. Когда хотятъ опредѣлить относительный теплородъ какого ни есть тѣла M, то наполняютъ снѣгомъ или толченымъ льдомъ пространства между коробками внѣшнею и промежуточною, и также между сею послѣднею и сѣточною; потомъ взвѣшиваютъ данное тѣло (пусть его вѣсъ $= p$), и нагрѣваютъ до опредѣленнаго числа градусовъ, на прим. до 100° Ц. т. или вообще до $t°$. Нагрѣтое тѣло тотчасъ кладутъ въ сѣточную коробку калориметра, закрываютъ крышкою, засыпаютъ сверху снѣгомъ, потомъ закрываютъ второю крышкою и еще засыпаютъ снѣгомъ; и весь приборъ оставляютъ въ холодной комнатѣ, при температурѣ отъ 0° до 5° (лѣтомъ можно ставить на ледникѣ), пока положенное тѣло M охладится до 0°. При охлажденіи тѣла часть снѣга, содержащагося между второю и сѣточною коробками растаетъ; сію воду выпускаютъ краномъ R, и взвѣшиваютъ (пусть вѣсъ оной воды $= p'$). — Тогда для опредѣленія относительнаго теплорода составимъ пропорцію, говоря: тѣло M, понижаясь отъ $t°$ до 0°, дало p' воды, сколько оно даетъ воды понижаяеь отъ 1° до 0°;

$$t : 1° = p' : x \text{ воды.}$$

Потомъ составимъ другую пропорцію, говоря: p фунтовъ тѣла M доставили x фунтовъ воды, понижаясь въ температурѣ на 1°; сколько 1 фунтъ даетъ оной,

$$p : 1 = x : c \text{ фунтовъ.}$$

Перемноживъ сіи пропорціи, найдется

$$pt : 1 = p' : c \text{ ; откуда}$$
$$c = \frac{p'}{pt} \text{ фунта.}$$

Столько растопляетъ снѣга 1 фунтъ тѣла, понижаясь на 1° въ температурѣ. Положимъ, что сіе произведено количествомъ q теплорода. Мы знаемъ сверхъ сего, что 1 фунтъ воды, понижаясь въ температурѣ на 1°, растопляетъ $\frac{1}{75}$ фунта снѣга, такимъ количествомъ теплорода, которое принято за единицу.

Слѣдственно $$q : 1 = \frac{p'}{pt} : \frac{1}{75} \text{ ; отсюда}$$
$$q = \frac{1}{75} \cdot \frac{p'}{pt}$$

Таковъ относит. теплородъ тѣла M.

357. Предъидущее уравненіе даетъ
$$p' = pct,$$
откуда видно, что вѣсъ p' льда, разстаявшаго тѣломъ, при пониженіи температуры отъ t° до 0°, равняется произведенію изъ вѣса p тѣла, его температуры t, и его теплоемкости c.

358. Сей же калориметръ можетъ служить и для опредѣленія относит. теплорода *капельныхъ жидкостей.* Для сего надлежитъ изслѣдуемую жидкость заключить въ сосудъ, котораго вѣсъ и теплоемкость совершенно извѣстны; нагрѣть оную вмѣстѣ съ сосудомъ до t градусовъ, и, заключивъ въ калориметръ, опредѣлить вѣсъ A воды, получившейся послѣ охлажденія сихъ обоихъ тѣлъ до 0°. Пусть вѣсъ сосуда $= p$, его теплоемкость $= c$; пусть вѣсъ жидкости $= P$, ея теплоемкость C: то одинъ сосудъ охлаждаясь растопитъ снѣга
$$pct = p' \text{ фунтовъ (357),}$$
а жидкость охлаждаясь растаетъ снѣга
$$PCt = P' ;$$

а оба вмѣстѣ дадутъ

$$pct + PCt = p' + P' = A \text{ фунтовъ; откуда}$$

$$C = \frac{A - pct}{Pt}.$$

Такова будетъ теплоемкость жидкости. Здѣсь p, c, предполагаются найденными предварительно.

Сей способъ для опредѣленія теплоемкости газовъ по многимъ причинамъ не употребляется.

359. *Способъ смѣшенія.* — Способъ смѣшенія, употребляемый для опредѣленія теплоемкости тѣлъ, найденъ еще *Блаккомъ*, и употребленъ былъ *Кравфордомъ*. Для сего нужно только, чтобы смѣшиваемыя тѣла не имѣли между собою примѣтнаго химическаго сродства. Пусть p, c, t означаютъ вѣсъ, теплоемкость и температуру одного изъ смѣшиваемыхъ тѣлъ, а p', c', t', подобныя же количества для другаго тѣла, и $t' > t$; пусть T есть общая температура обоихъ тѣлъ послѣ ихъ смѣшенія: то очевидно, что *до смѣшенія* первое тѣло содержало въ себѣ столько теплорода, что оно, охлаждаясь отъ $t°$ до $0°$, растопило бы снѣга pct фунтовъ; а второе тѣло растопило бы онаго $p'c't'$. Слѣдственно, *послѣ смѣшенія* первое тѣло потеряло $pct - pcT = pc(t - T)$ теплорода; а второе приобрѣло $p'c'T - p'c't' = p'c'(T - t')$. Но очевидно, что количество теплорода, потерянное первымъ тѣломъ, равно количеству теплорода, приобрѣтенному вторымъ тѣломъ; посему

$$pc(t - T) = p'c'(T - t'); \text{ откуда}$$

$$\frac{c}{c'} = \frac{p'(T - t')}{p(t - T)}.$$

Такъ какъ вторая часть уравненія вся предполагается данною, то отношеніе между теплоемкостями c, c'

изобразится въ числахъ. Ежели второе тѣло, къ которому относятся количества p', c', t', есть вода, то $c'=1$, и слѣдственно

$$c=\frac{p'(T-t')}{p\,(T-t)}.$$

360. Сей способъ имѣетъ такую же точность, какъ и опредѣленіе относительнаго теплорода посредствомъ Лапласова калориметра; но онъ въ своемъ примѣненіи требуетъ уже болѣе осмотрительности и нѣкоторыхъ важныхъ поправокъ, безъ коихъ не можно ручаться за точность выводовъ. Первая поправка относится къ теплороду, поглощаемому сосудомъ, а вторая зависитъ отъ теплорода, теряемаго въ воздухѣ во время смѣшенія. Что касается до первой поправки, то оную не трудно ввести, зная вѣсъ p'' и теплоемкость c'' сосуда, и предполагая, что его температура будетъ t', которую имѣетъ жидкость p': ибо тогда очевидно будетъ

$$pc(t-T)=p''c''(T-t')+p'c'(T-t');$$

откуда и найдется отношеніе между c и c'.

Что касается до поправки, зависящей отъ потери теплорода въ воздухѣ, то оную найти очень трудно. Но можно избѣжать оной весьма легко, бравъ массы p, p' при такихъ температурахъ, чтобы температура смѣси мало разнилась отъ температуры воздуха, и дѣлая смѣшеніе какъ можно скорѣе. Симъ способомъ весьма точные опыты производили Гг. *Дюлонгъ* и *Пети*.

361. *Способъ посредствомъ охлажденія.* — Сей способъ опредѣленія теплоемкости тѣлъ твердыхъ и капельныхъ основывается на томъ началѣ, что, когда

два тѣла M, M, одинакой температуры, имѣютъ равные объемы, равныя поверхности и равныя испускательныя способности (*), то онѣ въ одно и тоже время теряютъ равныя количества теплорода. Посему, если означить чрезъ T, T', времена употребленныя оными тѣлами для ихъ охлажденія на t градусовъ, то количества теплорода, потерянныя во время сего охлажденія будутъ пропорціональны временамъ T, T'. Но, сіи количества изображаются чрезъ pct, $p'c't$ (357), (означая чрезъ p, p' вѣсы тѣлъ M, M' въ равныхъ объемахъ, и чрезъ c, c' ихъ относительныя теплоемкости); посему

$$pct : p'c't = \mathrm{T} : \mathrm{T}', \text{ откуда } c : c' = \frac{\mathrm{T}}{p} : \frac{\mathrm{T}}{p'}.$$

Сей способъ открытъ *Мейеромъ* а усовершенствованъ *Леслiемъ*, *Депре*, и потомъ Гг. *Дюлонгомъ* и *Пети*. — Для сего Дюлонгъ и Пети употребляли весьма малый серебренный сосудъ, имѣющій вѣсъ p'' и теплоемкость c'', предварительно опредѣленные; наполняли сей сосудъ послѣдовательно веществами M, M', подвергаемыми испытанію, коихъ вѣсы p, p', и теплоемкости c, c'. Оставляли ихъ охлаждаться до t°, и наблюдали времена T, T' ихъ охлажденія. Потомъ изъ пропорціи

$$pc + p''c'' : p'c' + p''c'' = \mathrm{T} : \mathrm{T}'$$

находили отношеніе между ихъ теплоемкостями c, c'.

Таблица относительнаго теплорода нѣкоторыхъ тѣлъ:

Вода	1,0000	
Сѣра	0,1880	Дюлонгъ

(*) Для сего твердыя тѣла обдѣлываютъ въ видѣ цилиндровъ, и покрываютъ ихъ достаточнымъ слоемъ лака (348,a); а жидкости заключаютъ въ тонкой металлическій сосудъ.

Кованое желѣзо	0,1100	—
Золото	0,0300	Дальтонъ
Олово	0,0514	Дюлонгъ
Свинецъ	0,0293	—
Висмутъ	0,0400	Дальтонъ
Ртуть	0,0330	Дюлонгъ
Красная ртуть	0,0501	Лавуаз. и Лапласъ
Сурикъ	0,0622	— —
Известь негашен.	0,2169	— —
Стекло	0,1900	Дюлонгъ
Селитрен. кислота	0,6614	Лавуазье.
Сѣрная кислота	0,3500	Дальтонъ.
Соляная кислота	0,6000	—
Сѣрный эѳиръ	0,6600	—
Оливковое масло	0,5000	—
Винный спиртъ	0,7000	—
Различныя дерева	0,5—0,65	Мейеръ.

362. Мы до селѣ принимали вездѣ, что относительный теплородъ тѣла не измѣняется съ его температурою; но весьма точные опыты Гг. *Дюлонга* и *Пети* показали, что теплоемкость тѣлъ увеличивается съ увеличеніемъ ихъ температуры, какъ видно изъ слѣдующей таблички:

	Средняя теплоемкость между 0° и 100°	*Средняя теплоем. между 0° и 300°.*
Ртуть	0,0330	0,0350
Цинкъ	0,0927	0,1015
Сурьма	0,0507	0,0547
Серебро	0,0557	0,0611
Мѣдь	0,0940	0,1013
Платина	0,0335	0,3350
Стекло	0,1770	0,1900
Желѣзо	0,1098	0,1218.

Впрочемъ видно, что увеличеніе теплоекости съ возвышеніемъ температуры происходитъ чрезвычайно

медленно; а по сему, при небольшихъ разностяхъ въ температурѣ, можно считать теплоемкость тѣла постоянною.

363. Дюлонгъ и Пети открыли весьма замѣчательное отношеніе между теплоемкостію *простыхъ твердыхъ тѣлъ* : оно состоитъ въ томъ, что произведеніе теплоемкости оныхъ тѣлъ на вѣсъ ихъ атомовъ постоянно и равно 0,37524; такъ что зная вѣсъ атома простаго тѣла, можно находить относительный его теплородъ, раздѣляя 0,37524 на оное число.

Сей важный законъ можно видѣть изъ слѣдующей таблицы.

Тѣла простыя.	Ихъ теплоемкости.	Вѣсы ихъ атомовъ.	Произведеніе вѣса атома на теплоемкость.
Висмутъ........	0,0288	13,30	0,3830
Свинецъ.........	0,0293	12,95	0,3794
Золото	0,0298	12,43	0,3704
Платина........	0,0314	11,16	0,3740
Олово	0,0514	7,35	0,3779
Серебро	0,0557	6,75	0,3759
Теллуръ.........	0,0912	4,03	0 ,365
Цинкъ	0,0927	4,03	0,3736
Мѣдь	0,0949	3,957	0,3755
Никкель	0,1035	3,69	0,3819
Желѣзо.........	0,1100	3,392	0,3731
Кобальтъ	0,1498	2,46	0,3685,
Сѣра............	0,1880	2,011	0,3780

364. *Относительный теплородъ газовъ.* — Точнѣйшіе опыты для опредѣленія относительнаго теплорода газовъ производили Гг. *Ларошъ* и *Берарь* по способу смѣшенія. Подробное описаніе сихъ опытовъ см. въ Annales de chimie, tom. 85. Здѣсь же покажемъ

только самое поверхностное понятіе объ оныхъ, Они употребляли для сего небольшой цилиндрическій сосудъ C (фиг. 274), наполненный водою, внутри коего была устроена винтообразная металическая труба, дѣлающая около восьми оборотовъ, и вставленъ былъ термометръ съ цилиндрическимъ вмѣстилищемъ. Сквозь сію трубу пропускаемъ былъ газъ, подвергаемый опыту, изъ газометра A, съ постоянною скоростію. Токъ газа до входа его въ трубу удерживаемъ былъ при возвышенной температурѣ постоянной, и при постоянномъ давленіи 0,76 метра. При впускѣ газа температура его измѣряема была посредствомъ термометра T съ вызолоченнымъ шарикомъ, дабы на него не могъ дѣйствовать лучащій теплородъ отъ окружающихъ тѣлъ; и такой же термометръ t поставленъ былъ и на другомъ концѣ винтовой трубы для опредѣленія температуры газа выходящаго. Количество пропускаемаго газа было измѣряемо его объемомъ; ибо, зная относит. вѣсъ газа и его объемъ, найдется и вѣсъ онаго. Теперь положимъ, что въ сосудѣ C находилось p фунтовъ воды, которой теплоемкость c, и начальная температура t; пусть p' есть вѣсъ сосуда и его винтовой трубы, c' его теплоемкость; пусть p'' есть вѣсъ пропущеннаго газа, x его теплоемкость, и T его начальная температура; и пусть t' новая температура воды, когда весь газъ пропущенъ; то будемъ имѣть

$$pc(t'-t)+p'c'(t'-t)=p''x\left(T-\frac{t+t'}{2}\right),$$

откуда и найдется x.

Для избѣжанія погрѣшности, могущей произойти отъ потери теплорода, изходящаго въ видѣ лучей, берутъ

вначалѣ опыта воду нѣсколькими градусами ниже температуры окружающаго воздуха, и оканчиваютъ опытъ, когда она получитъ температуру столькими же градусами выше температуры окружающаго воздуха: тогда количество теплорода, приобрѣтенное водою изъ воздуха въ первую половину времени опыта, вознаградится потерею теплорода во вторую половину опыта; ибо принимательная способность сосуда и способность испускательная всегда одна другой пропорціональны.

Таблица относительнаго теплорода газовъ, по опытамъ де ла Роша и Берара:

Названія газовъ.	Принимая отн. теплород. воздуха за 1-цу. При равн. объемахъ.	Принимая отн. теплород. воздуха за 1-цу. При равн. вѣсахъ.	Принимая относ. теплородъ воды за 1-цу.
Воздухъ	1,0000	1,0000	0,2669
Водородъ........	0,9033	12,3401	3,2936
Углеродн. кислота	1,2583	0,8280	0,2210
Кислородъ	0,9765	0,8848	0,2361
Азотъ..........	1,0000	1,0318	0,2754
Окиселъ азота ..	1,3503	0,8878	0,2369
Углеводородн. газъ	1,5530	1,5763	0,4207
Окиселъ углерода	1,0340	1,0805	0,2884
Пары воды	1,9600	3,1361	0,8470

365. Мы видѣли, что теплоемкости твердыхъ и капельныхъ тѣлъ увеличиваются по мѣрѣ того, какъ возвышаются ихъ температуры; но допускаютъ напротивъ, что, *при одномъ и томъ же давленіи, теплоемкость массы газа независима отъ температуры;* или, другими словами, что, при постоянномъ давленіи, расширенія массы газа пропорціональны количествамъ теплорода, ей сообщаемымъ. Г. *Лапласъ* допустилъ кромѣ

сего въ своей теоріи газовъ (*Mécanique céleste* liv. XII) другое основное начало; именно, что *находится неизмѣнное отношеніе между теплоемкостію газа при постоянномъ давленіи, и его теплоемкостію при постоянномъ объемѣ.* Его теплоемкость при постоянномъ давленіи есть количество теплорода необходимое для возвышенія его температуры на 1°, предполагая, что ему ни что не препятствуетъ расширяться подъ тѣмъ же давленіемъ, а его теплоемкость при постоянномъ объемѣ есть количество теплорода, потребное для возвышенія его температуры на 1°, предполагая, что газъ удерживается въ одномъ и томъ же объемѣ, на прим. въ какомъ нибудь неизмѣнномъ сосудѣ.

Первая изъ оныхъ теплоемкостей очевидно болѣе второй, потому что всѣ газы отдѣляютъ отъ себя теплородъ, когда ихъ сжимаютъ; слѣдственно, если означить сіе отношеніе буквою k, то величина k будетъ всегда больше единицы. Сіе отношеніе доселѣ узнано только для воздуха и паровъ воды: для воздуха по опытамъ *Гей-Люсака* и *Вельтера* $k = 1,375$, а для паровъ воды, изъ опытовъ *Клемана* и *Дезорма*, Пуасонъ нашелъ $k = 1,073$. Основываясь на сихъ однѣхъ началахъ, Пуасонъ (Ann. de chimie, t. 23, pag. 337) вывелъ общую формулу, изъ которой можно находить теплоемкость x газа подъ какимъ ни есть давленіемъ P, когда извѣстна его теплоемкость c при постоянномъ давленіи, на примѣръ при давленіи 760 миллиметровъ, именно

$$x = c \left(\frac{760}{P}\right)^{1 - \frac{1}{k}}$$

для воздуха $c = 0,2669$, $k = 1,375$.

Изъ сей формулы видно, что теплоемкость уменьшается, когда увеличивается давленіе, и, подъ давленіемъ 1000 атмосферъ она дѣлается равною почти $\frac{1}{25}$ теплоемкости воды : но она возрастаетъ при уменьшеніи давленія, и когда давленіе доведено будетъ до 4 или 5 миллиметровъ, то теплоемкость воздуха дѣлается равною теплоемкости воды. Сіе свойство, какъ увидимъ, есть одною изъ главнѣйшихъ причинъ столь сильнаго холода въ верхнихъ областяхъ атмосферы.

366. Лавуазье и Лапласъ (*), Румфордъ, Гассенфрацъ и Маркусъ Буль (**) опредѣляли различными способами *относительное количество теплорода, отдѣляемое разными горючими тѣлами во время ихъ горѣнія.* Румфордъ выдумалъ для сего *калориметръ*, который состоитъ изъ тонкаго мѣднаго ящика (фиг. 275) въ 8 дюймовъ длиною, 4 $\frac{1}{2}$ шириною 4 $\frac{1}{4}$ высотою. Внутри его устроена плоская мѣдная труба, дѣлающая три горизонтальныхъ изгиба. Одинъ конецъ трубы имѣетъ видъ обращенной воронки PQ. Въ ящикъ наливается вода и вставляется термометръ съ цилиндрическимъ вмѣстилищемъ. Прежде начатія опыта взвѣшиваютъ горючее тѣло, и потомъ оное сожигаютъ держа подъ воронкою PQ винтовой трубы, сквозь которую должны проходить всѣ воздухообразныя произведенія горѣнія, и нагрѣвать воду. Зная вѣсъ сожженнаго тѣла, вѣсъ воды, вѣсъ ящика, и температуру онаго до и послѣ опыта не трудно найти количество теплорода, отдѣлившееся во время горѣнія. Положимъ, что вѣсъ воды былъ 10 фунтовъ, вѣсъ ящика 2 фунта, что со-

(*) Traité de phys. par Biot t. IV. pag. 703.

(**) Traité de chaleur, par E. Péclet. t. I, pag. 144.

отвѣтствуетъ $2 \times 0,095 = 0,19$ фунта воды (гдѣ 0,095 есть теплоемкость мѣди); слѣдственно количество нагрѣваемой воды $= 10,19$ фун.; положимъ, что, по сожженіи 0,01 фунта горючаго тѣла, температура воды возвысилась на 5°: тогда $10,19 \times 5 = 50,95$ будетъ количество воды нагрѣтой до 1° теплородомъ 0,01 фунта сгорѣвшаго тѣла; а $\frac{50,95}{0,01} = 5095$ фунтовъ будетъ количество воды, нагрѣтой до 1° теплородомъ 1 фунта сгорѣвшаго тѣла. А сіе количество помноживъ на $\frac{1}{75}$ величину относительнаго теплорода воды, получится 67,9 фунтовъ снѣга, кои теплородъ 1 фунта сгорѣвшаго тѣла можетъ перевесть въ капельную воду. Симъ-то числомъ 67,9 и опредѣлится относительное количество отдѣлившагося теплорода. (Таблицы опытовъ Румфорда, Маркуса, и другихъ см. въ Traité de la chaleur, par. Péclet, pag, 162 и далѣе).

Законы охлажденія тѣлъ.

367. *Охлажденіемъ* называется переходъ тѣла отъ высшей температуры къ нижшей, по причинѣ потери его теплорода, изходящаго въ видѣ лучей или сообщающагося окружающей срединѣ. Опредѣленіемъ законовъ медленнаго и постепеннаго охлажденія тѣлъ, со времени Ньютона, занимались многіе ученые, каковы: Крафтъ, Рихманъ, Румфордъ, Дальтонъ, и другіе. Лучшіе же изслѣдыванія производимы были Румфордомъ, а въ особенности Гг. *Дюлонгомъ* и *Пети* 1817 года.

368. Румфордъ производилъ опыты, не обращая вниманія на то, сколько тѣло теряетъ теплорода отъ его свободнаго изхода въ видѣ лучей, и отъ непосредственнаго сообщенія прикасающемуся воздуху. Онъ для

сего вѣшалъ нагрѣтое тѣло въ большой комнатѣ, имѣющей постоянную температуру, а изъ сихъ данныхъ вещей опредѣлялъ скорость охлажденія, такъ и самый законъ онаго.

369. *Скоростью охлажденія* называется число градусовъ, на которое понижается температура тѣла въ весьма малый но постоянный промежутокъ времени; на прим. въ одну минуту. А *закономъ охлажденія* называется такой выводъ, который показываетъ отношеніе между скоростію охлажденія, температурою тѣла, температурою окружающей средины, и другими частными элементами, зависящими отъ оной средины и самаго тѣла.

370. Дюлонгъ и Пети, во всѣхъ своихъ опытахъ наблюдали охлажденіе различныхъ жидкостей; потому что температуры оныхъ тѣлъ могутъ быть опредѣляемы со всею точностію Они изъ предварительныхъ опытовъ узнали, что *законъ охлажденія тѣлъ не зависитъ отъ ихъ массы, природы и формы, но зависитъ отъ качества ихъ поверхности.* Послѣ сего старались опредѣлить охлажденіе жидкости сперва въ пустотѣ, а потомъ и въ какомъ ни есть газѣ.

Приборъ, употребленный Гг. Дюлонгомъ и Пети для сей цѣли, состоялъ изъ большаго, тонкаго мѣднаго шара A (фиг. 279) внутри вычерненнаго и закрытаго стекляннымъ кругомъ *ab*, имѣющемъ въ своемъ центрѣ круглое отверстіе. Сіе отверстіе затыкается пробкою, сквозь которую проводится термометръ такъ, чтобы онъ могъ находиться въ центрѣ шара. На стеклянномъ кругѣ *ab* утверждается стеклянный цилиндръ DC, имѣющій вверху мѣдную оправу, отъ которой идетъ гибкая свинцовая трубка, запираемая краномъ и могу-

щая сообщаться съ тарелкою воздушнаго насоса. Сначала снимаютъ цилиндръ C, потомъ кругъ *ab* съ термометромъ; нагрѣваютъ термометръ до температуры кипѣнія ртути; послѣ сего ставятъ кругъ и цилиндръ C на свое мѣсто; закрываютъ плотно всѣ смычки прибора, вытягиваютъ изъ шара воздухъ, и наблюдаютъ охлажденіе термометра въ пустотѣ. При семъ шаръ A погружаемъ былъ въ деревянную ванну, наполненную водою, которую удерживали въ постоянной температурѣ.

Такимъ же образомъ они поступали при изслѣдываніи охлажденія въ газахъ, съ тою только разностію, что наполняли мѣдный шаръ какимъ ни есть сухимъ газомъ, и потомъ изъ всего количества охлажденія вычитали величину охлажденія производимаго въ пустотѣ.

Производя сіи опыты, они нашли, что *скорость* V *охлажденія въ пустотѣ* изображается уравненіемъ

$$V = ma^{t}\ (a^{d} - 1),$$

гдѣ m есть коэффиціентъ, зависящій отъ испускательной способности поверхности, котораго всегда можно сдѣлать постояннымъ; a постоянное число для всѣхъ тѣлъ и равное 1,0077; t температура шара A; d разность между сею температурою и температурою охлаждающагося тѣла. Количество ma^{t} изображаетъ дѣйствіе лучащаго теплорода шара A на охлаждаемое тѣло.

Скорость охлажденія тѣла, зависящая только отъ одного прикосновенія его къ газу (а не отъ изхода теплорода въ видѣ лучей), независитъ отъ вида поверхности тѣла, и изображается формулою

$$V = np^{c}d^{b},$$

въ которой *n* есть постоянный коэффиціентъ, зависящій отъ природы газа и измѣреній тѣла; *p* упругость газа; *c* постоянное число для одного и того же газа, но различное для разныхъ газовъ; *d* избытокъ температуры тѣла; *b* постоянное число для всѣхъ газовъ и равное 1,233.

Скорость охлажденія тѣла въ газѣ, зависящая отъ изхода лучащаго теплорода, и отъ прикосновенія къ газу, равна $V+V'$.

Число *c* для воздуха, водорода, углекислаго газа, и двууглеродистоводороднаго найдено равнымъ соотвѣтственно 0,45; 0,315; 0,517; 0,501.

371. Сравнивая *охладительныя способности* газовъ, найдутся слѣдующія числа, выражающія скорости охлажденія въ продолженіи одной минуты времени:

Воздухъ	4°,65
Водородъ	16,59
Углеродная кислота	4,57
Дву-углеродистоводород	6,45

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

А. *О соединеніи теплорода съ тѣлами, когда онѣ плавятся или испаряются.*

372. *Плавленіе тѣлъ.* — Когда нагрѣвается какое нибудь твердое тѣло, то вообще произходятъ со нимъ два явленія: возвышеніе температуры и разширеніе сего тѣла. Сіи два дѣйствія постепенно увеличиваются, пока тѣло остается твердымъ. Но какъ скоро начинаетъ оно плавиться (таять), то его температура дѣлается *постоянною* до толѣ, пока не окончится плавленіе. На примѣръ, ежели наполнить сосудъ тающимъ снѣгомъ, и нагрѣвать держа въ немъ термометръ то увидимъ, что его температура будетъ оставаться при 0°, пока онъ весь не растаетъ, хотя ему сообщается большое количество теплорода. Сильнѣйшее нагрѣваніе въ семъ случаѣ можетъ только скорѣе произвести таяніе. Слѣдовательно въ семъ случаѣ весь сообщаемый теплородъ соединяется съ частицами твердаго тѣла, и служитъ только для переведенія сего тѣла въ капельное состояніе; и, поелику онъ перестаетъ дѣйствовать на термометръ, то и называютъ его *сокрытымъ* или *соединеннымъ* (с. latent ou combiné). Явленіе сіе показываетъ, что всякое тѣло въ капельномъ его состояніи имѣетъ большую теплоемкость нежели въ твердомъ, и что, во время плавленія, теплородъ употребляется для замѣщенія увеличивающейся теплоемкости тѣла въ семъ новомъ его состояніи, и для удержанія его въ постоянной температурѣ. Сіе заключеніе согласуется съ опытами Дюлонга и Пети (362), кои показали, что теплоемкость

тѣла увеличивается съ температурою, когда оно еще не перемѣняетъ своего состоянія.

373. Различныя твердыя тѣла плавятся при разныхъ температурахъ; но каждое тѣло, безъ примѣси къ нему постороннихъ веществъ, всегда плавится при одной температурѣ, какъ видно изъ слѣдующей таблички:

Ртуть плавится или таетъ при	— 39°	Цел. терм.		
Ледъ	0			
Прованское масло	10			
Сало	33			
Фосфоръ	43			
Воскъ	68			
Сѣра	109			
Олово	210			
Висмутъ	256			
Свинецъ	260			
Цинкъ	360			
Серебро плавится при	20°	Пиромет.	Веджевуд.	
Мѣдь	—	27	—	—
Золото	—	32	—	—
Желѣзо	—	130	—	—
Марганецъ	—	160	—	—
и проч.				

Хорошіе проводники теплорода, будучи нагрѣваемы со всѣхъ сторонъ, почти въ одно время начинаютъ плавиться съ поверхности и въ срединѣ, и переходятъ изъ твердаго состоянія въ капельное, почти непринимая другаго промежуточнаго состоянія. Худые же проводники, каковы; ледъ, сало, воскъ, и проч. плавятся постепенно отъ поверхности къ срединѣ ихъ. Нѣкоторыя тѣла прежде своего плавленія размягчаются.

374. Ежели твердое тѣло будетъ приводиться въ плавленіе какими нибудь посторонними силами, безъ

сообщенія ему теплорода; то равновѣсіе между температурою сего тѣла и температурою окружающихъ тѣлъ должно нарушиться: потому что плавящееся тѣло, получая вдругъ большую теплоемкость, будетъ соединяться съ большимъ количествомъ теплорода, изходящаго изъ окружающихъ тѣлъ. Тѣла сіи, теряя много свободнаго теплорода должны понижаться въ ихъ температурѣ.

Сіе заключеніе совершенно подтверждается наблюденіями и опытами. Ежели растворить какую нибудь соль въ водѣ (наприм. поваренную или нашатырь), то всегда въ водѣ замѣчается пониженіе температуры; потому что твердая соль, будучи переводима въ капельное состояніе силою своего средства къ водѣ, отнимаетъ у оной часть теплорода. Ежели смѣшать 1 часть поваренной соли съ одною частію снѣга (по вѣсу), то вся смѣсь очень скоро обратится въ капельную жидкость; при семъ, термометръ въ нее поставленный понижается иногда до 20° ниже нуля. Здѣсь, по силѣ химическаго сродства поваренной соли къ водѣ, происходитъ въ одно время таяніе снѣга и раствореніе соли; почему теплородъ изъ окружающихъ тѣлъ устремляется въ оную смѣсь для замѣщенія ея теплоемкости. Кандиторы употребляютъ оную смѣсь для замораживанія сыроповъ, и приведенія ихъ въ состояніе *мороженаго*; а химики употребляютъ оную для охлажденія сосудовъ. На семъ-то свойствѣ основывается употребленіе слѣдующихъ смѣсей, для произведенія искуственнаго мороза:

1 часть поваренной соли и 2 части снѣга при 0°	понижаетъ температуру отъ 0° до — 20° Ц. терм.

3 части окристаллованной хлористой извести и 2 части снѣга при — 20°	понижаютъ температуру до — 55°,5.
8 частей снѣга, смѣшенныя при — 55° съ 10 частями слабой сѣрной кислоты (состоящей изъ 8 частей крѣпкой кислоты, 4 воды и 8 виннаго спирта)	понижаютъ температуру до — 68°,5.

Еслибы мы хотѣли заморозить ртуть, то можно употребить для сего вторую смѣсь; только, прежде смѣшенія хлористаго кальція съ снѣгомъ, надлежитъ ихъ охладить до — 20° посредствомъ первой смѣси.

Должно еще замѣтить, что для искуственнаго произведенія холода надлежитъ непремѣнно дѣлать смѣси въ означенныхъ пропорціяхъ: ибо тѣже самыя вещества, смѣшанныя въ другихъ содержаніяхъ, могутъ иногда произвести совершенно противныя слѣдствія. На прим. 4 части снѣга съ 1 частію крѣпкой сѣрной кислоты дѣлаютъ значительный холодъ; тогда какъ 1 часть снѣга съ 4 частями сѣрной кислоты производитъ большое возвышеніе температуры.

375. *Кипѣніе.* — Когда тѣло расплавилось, то при дальнѣйшемъ нагрѣваніи, опять начинаетъ увеличиваться и объемъ его и температура, пока еще нѣтъ кипѣнія. Но какъ скоро жидкое тѣло начинаетъ кипѣть, то его температура опять дѣлается постоянною; весь теплородъ ему сообщаемый дѣлается *сокрытымъ*, не дѣйствующимъ на термометръ, и служитъ, по видимому, только для переведенія капельнаго тѣла въ состояніе паровъ, и для удержанія паровъ въ той же

температурѣ. Такимъ образомъ вода, нагрѣтая до температуры 100° Ц. т., находясь въ прикосновеніи съ горячими стѣнками сосуда, начинаетъ при оныхъ обращаться въ пары, кои въ видѣ пузырей поднимаются вверхъ, и, преодолѣвая давленіе атмосферы, разсѣяваются въ воздухѣ. Въ сіе время какова бы ни была сила огня, кипящая жидкость и ея пары остаются при той самой температурѣ, при которой началось кипѣніе. Сіе явленіе даетъ право заключать, что всякое тѣло имѣетъ большую теплоемкость въ состояніи паровъ, нежели въ капельномъ состояніи, и что, во время кипѣнія, сообщаемый теплородъ употребляется для образованія паровъ и для замѣщенія ихъ теплоемкости.

576. При одинакой чистотѣ и одинакихъ прочихъ обстоятельствахъ, различныя жидкости кипятъ при разныхъ температурахъ; но каждая отдѣльно кипитъ всегда при опредѣленной температурѣ. На прим.

Вода кипитъ.............при	100° Ц. т.
Ртуть......................	350 —
Винный спиртъ................	78,8
Сѣрный эѳиръ.................	35,5
Углеродистая сѣра	47,0
Льняное масло................	316,0
Растворъ поташа насыщ....	140,0
Растворъ селитры насыщ.......	115,0
Растворъ поварен. соли.........	109,9, и проч.

Тѣла постороннія, растворяемыя въ жидкостяхъ, значительно измѣняютъ предѣлъ ихъ кипѣнія. Такимъ об. вода, насыщенная солью, требуетъ болѣе 100°, а содержащая въ растворѣ винный спиртъ требуетъ менѣе 100° для своего кипѣнія.

377. Гей-Люсакъ показалъ, что *природа сосуда* имѣетъ примѣтное вліяніе на температуру кипѣнія жидкостей. Онъ замѣтилъ, что вода при меньшей температурѣ закипаетъ въ посудѣ металлической, нежели въ стеклянной, глиняной, и проч. На прим. вода въ металлическомъ сосудѣ кипитъ при 100°, а въ стеклянномъ при 104° при тѣхъ же обстоятельствахъ. — Онъ приписываетъ сіе явленіе дѣйствію сцѣпленія поверхности сосуда съ жидкостію, которое должно противодѣйствовать образованію пузырьковъ паровъ, смотря потому, болѣе или менѣе оно велико.

378, На температуру кипѣнія жидкостей имѣетъ большое вліяніе *всякое давленіе, происходящее на ихъ поверхность.* Чѣмъ оно менѣе, тѣмъ жидкость закипаетъ при меньшей температурѣ, и на оборотъ. На прим. ежели воду, нагрѣтую до 30° поставить въ стаканѣ подъ колоколъ воздушнаго насоса, и разрѣжать надъ нею воздухъ, то она тотчасъ придетъ въ кипѣніе, не имѣя надъ собою давленія, равнаго почти вѣсу столба ртути въ 28 дюймовъ. Сіе кипѣніе можетъ даже произойти и при 0°, ежели воздухъ будетъ вытянутъ чисто, и пары воды, по мѣрѣ ихъ отдѣленія, будутъ поглощаемы какимъ ни есть постороннимъ тѣломъ, на пр. крѣпкою сѣрною кислотою, Изъ сего слѣдуетъ, что на вершинахъ высокихъ горъ жидкости должны кипѣть при меньшей температурѣ, нежели при поверхности моря. *Соссюръ*, путешествуя по Алпійскимъ горамъ, дѣйствительно замѣтилъ, что на вершинѣ горы Монъ-бланъ вода закипаетъ при 84°, тогда какъ при поверхности моря она кипитъ при 100° Ц. т. Сіе показываетъ также, что *въ одномъ и томъ же мѣстѣ точка кипѣнія одной и той же жидкости*

измѣняется съ измѣненіемъ давленія воздуха. Волластонъ (братъ извѣстнаго Волластона) замѣтилъ даже, что температура кипѣнія чистой воды возвышается или понижается на 1° Ц. т., когда высота стоянія барометра возвышается или понижается на 0,027 метра. Вотъ почему стараются на термометрахъ опредѣлять точку кипѣнія воды при среднемъ давленіи атмосферы.

При сильныхъ давленіяхъ жидкость можетъ быть доводима до высокихъ температуръ, не приходя въ кипѣніе; ибо для сего нужно, чтобы ея пары получили упругость, способную преодолѣть оное давленіе. Въ семъ дѣйствіи давленія можно увѣриться посредствомъ *Папинова котла* или *разварителя*, которой состоитъ изъ мѣднаго цилиндра съ навинчиваемою на него крышкою; въ крышкѣ же сдѣлано отверстіе закрываемое тяжелымъ клапаномъ, который пригнетается къ отверстію гирею, дѣйствующею посредствомъ рычага. Въ семъ сосудѣ можно возвышать температуру воды до температуры плавленія свинца и болѣе, безъ малѣйшаго кипѣнія: ибо ея пары, не имѣя выхода, силою упругости своей давятъ на поверхность капельной воды, и не позволяютъ происходить кипѣнію. Но ежели въ сіе время дать изходъ парамъ, открывъ отверстіе; то вода, обращаясь мгновенно въ пары, будетъ изъ онаго выбрасываться съ великою силою и шумомъ. Папиновъ разваритель изобрѣтенъ около половины 17 вѣка, и сначала употребленъ былъ *Циглеромъ* для изслѣдыванія упругости паровъ воды (1759 года). Но когда узнали, что вода въ семъ приборѣ, разгоряченная выше температуры 100°, имѣетъ большую силу растворять и разваривать кости животныхъ; то въ послѣдствіи

получилъ важныя употребленія въ общежитіи, для скораго приготовленія кушанья на маломъ огнѣ, и въ особенности для вывариванія изъ костей бульона стольже питательнаго, какъ и тотъ, которой извлекается изъ мускульныхъ частей. Разварители служащіе для сей цѣли называются *автоклавами.*

379. Не трудно замѣтить, что *различные горизонтальные слои кипящей жидкости имѣютъ различную температуру, которая должна увеличиваться по мѣрѣ углубленія:* ибо пары исходящіе изъ поверхности должны преодолѣть одно давленіе атмосферы; между тѣмъ какъ пары нижнихъ слоевъ должны преодолѣть и давленіе атмосферы, и давленіе слоевъ жидкости надъ ними лежащихъ.

Испареніе.

380. Многія жидкости превращаются въ пары при всякихъ температурахъ какъ въ пустотѣ такъ и въ воздухѣ. Отъ сего въ воздухѣ существуютъ водяные пары во всякое время въ большемъ или мѣньшомъ количествѣ. Испареніе отъ кипѣнія различается только силою дѣйствія теплорода: во время кипѣнія пары жидкости совершенно преодолѣваютъ давленіе атмосферы своею упругостію, и отдѣляются весьма быстро; простое же испареніе происходитъ весьма медленно, ибо при обыкновенныхъ температурахъ упругость паровъ бываетъ гораздо менѣе давленія атмосферы.

381. *Испареніе въ пустотѣ.* Въ безвоздушномъ пространствѣ многія жидкости испаряются весьма быстро· Количествоже испаренія ихъ зависитъ отъ величины пространства, температуры, и отъ природы жидкости. При одной и той же температурѣ въ данное

пространство отдѣляется только опредѣленное количество паровъ, насыщающихъ оное. Ежели сіе пространство увеличить въ 2, 3, 4.... раза, то и количество паровъ увеличится востолько же : и обратно, ежели пространство, насыщенное парами, уменьшить, то часть паровъ обратится въ капельное состояніе, а останется столько опыхъ, сколько въ уменьшенномъ пространствѣ можетъ быть паровъ при той же температурѣ. — Въ пространствѣ закрытомъ и опредѣленномъ, количество паровъ можетъ помѣститься большее, впрочемъ не пропорціональное температурѣ.

382. Опытъ показываетъ, что различныя жидкости при той же температурѣ имѣютъ различную летучесть т. е. отдѣляютъ различное количество паровъ. Эѳиръ даетъ пары плотнѣе нежели вода; вода производитъ пары плотнѣе ртутныхъ, и проч. При обыкновенной температурѣ, пары ртути столь рѣдки, что едва можно открыть присутствіе опыхъ по дѣйствію ихъ на золото или мѣдь. Жирныя масла также даютъ весьма мало паровъ.

383. *Испареніе въ воздухѣ.* — Испареніе въ воздухѣ происходитъ гораздо медленнѣе нежели въ безвоздушномъ пространствѣ. Впрочемъ присутствіе воздуха только замедляетъ испареніе, но ни сколько не измѣняетъ количества паровъ, могущихъ помѣщаться во всякомъ данномъ пространствѣ; такъ что данное пространство, при одной и тойже температурѣ, насыщается одинакимъ количествомъ паровъ, будетъ ли оно съ воздухомъ или безвоздушное. Это доказываютъ точные опыты Дальтона (260), изъ коихъ видно, что сила упругости всякаго пара остается неизмѣнною какъ въ пустотѣ, такъ и въ газѣ. Изъ сего видно, что

испареніе зависитъ единственно отъ теплорода, который, выходя изъ поверхности жидкости, соединяется съ ея частицами, и тѣмъ самымъ перемѣняетъ ихъ состояніе совокупленія. —

384. Не трудно объяснить, чѣмъ замѣдляется испареніе въ воздухѣ. Для сего вообразимъ себѣ, что воздухъ находится *въ покоѣ* надъ поверхностію воды при обыкновенной температурѣ. Тогда въ первую секунду времени отдѣлится нѣкоторое количество M паровъ, кои помѣстятся между частичками перваго слоя воздуха. Сіи пары, по упругости своей, хотя и будутъ распространяться во второй слой воздуха, но уже будутъ своею упругостію препятствовать свободному изхожденію новыхъ паровъ изъ жидкости : такъ что во вторую секунду отдѣлится количество M′ паровъ меньшее M (*), и для распространенія своего будетъ встрѣчать сопротивленіе отъ паровъ находящихся въ двухъ слояхъ воздуха. Въ третью секунду, хотя пары и войдутъ въ третій слой воздуха; но изъ воды отдѣлится количество M″ паровъ еще меньшее; ибо возхожденіе паровъ отъ одного слоя къ другому отчасу становится затруднительнѣе. И такъ, въ спокойномъ воздухѣ, испареніе должно происходить чрезвычайно медленно. *Движеніе воздуха*, почти всегда происходящее въ природѣ, значительно благопріятствуетъ испаренію, и иногда до такой степени, что оно столь же быстро происходитъ въ воздухѣ, какъ и въ пустотѣ. Ибо отъ сего уносится влажный воздухъ, а приносит-

---

(*) Очевидно что M′ будетъ пропорціонально разности между упругостію пара изходящаго, и упругостію пара уже находящагося въ первомъ слоѣ. —

ся сухой, въ который могутъ пары возходитъ свободнѣе,

385. Испаренiе въ свободномъ воздухѣ замѣдляется еще и тѣмъ, что *воздухъ всегда бываетъ влаженъ.* Въ самую сухую погоду въ немъ содержится покрайней мѣрѣ около 0,2 влаги; и очевидно, что, при прочихъ равныхъ обстоятельствахъ, испаренiе будетъ произходить тѣмъ меньше, чѣмъ количество воды въ воздухѣ будетъ болѣе приближаться къ совершенному его насыщенiю.

386. Теперь спрашивается: *по какому же закону измѣняется скорость испаренiя въ спокойномъ воздухѣ при разныхъ температурахъ?* Дальтонъ рѣшилъ сей вопросъ съ свойственнымъ ему остроумiемъ. Онъ опредѣлялъ сперва скорость испаренiя при температурѣ кипѣнiя и въ спокойной атмосферѣ. Для сего онъ бралъ оловянный стаканъ глубиною въ $3\frac{1}{4}$, а въ дiаметрѣ въ $2\frac{1}{2}$ Англ. дюйма, наполнялъ водою, привѣшивамъ оный къ коромыслу вѣсовъ, кипятилъ на легкомъ огнѣ, и чрезъ каждые 10 минутъ взвѣшивалъ сей сосудъ, опредѣлялъ потерю его вѣса, и, раздѣливъ оную на число минутъ, получалъ количество испаренiя въ 1 минуту. Такiе же опыты производилъ онъ и при температурахъ близкихъ къ точкѣ кипѣнiя, и получилъ слѣдующiе выводы:

Температура.	*Сила упругости паровъ.*	*Количество испаренiя въ 1 минуту.*
100°	30 Англ. дюйм.	30 грановъ.
82,2	15,15	15 —
73,3	10,41	10
66,6	7,81	8,5
66,2	6,57	6,0
58,8	5,44	5,0

Изъ сей таблички видно, что *количество воды, испаряющейся при каждой температурѣ въ 1 минуту времени, пропорціонально силѣ упругости паровъ, но не пропорціонально температурѣ.* Впрочемъ выводъ сей точенъ только тогда, когда температуры высоки, и когда упругость отдѣляющихся паровъ столь велика, что не можетъ быть примѣтно измѣнена упругостью паровъ всегда находящихся въ воздухѣ. *При низкихъ же температурахъ, количество испаренія въ 1 минуту будетъ пропорціонально разности между упругостію паровъ, отдѣляющихся отъ воды, и упругостію паровъ находящихся въ воздухѣ.* На прим. ежели A есть количество испарившейся воды въ 1' при температурѣ кипѣнія, F упругость оныхъ паровъ при сей температурѣ, f упругость паровъ при другой температурѣ, и f' упругость пара содержащагося въ воздухѣ: то количество D испаренія въ одну минуту найдется изъ пропорціи

$$D : A = f - f' : F.$$

Сей законъ также открытъ и подтвержденъ точными опытами Дальтона. См. въ Traité de phys., par. Biot, tom. I, pag. 316—334.

387. *Холодъ во время испаренія.* — Такъ какъ при всякомъ испареніи капельная жидкость переходитъ въ рѣдчайшее состояніе, и получаетъ большую теплоемкость; то, во время испаренія всегда нарушается равновѣсіе между температурою паровъ и температурою окружающихъ тѣлъ; потому что теплородъ, исходящій изъ оныхъ тѣлъ сообщается парамъ для замѣщенія ихъ теплоемкости, слѣдственно дѣлается *сокрытымъ*; а тѣла сіи, теряя значительное количество теплорода, понижаются въ температурѣ. На пр.

ежели шарикъ термометра обвернуть хлопчатою бумагою, и оную, смочивъ эфиромъ, будетъ размахивать въ воздухѣ; то испаряющійся эѳиръ, отнимая часть теплорода у термометра, понижаетъ его температуру. По сему-то люди, выходящіе изъ ваннъ чувствуютъ холодъ; потныелюди на вѣтру простуживаются. Пользуясь опымъ дѣйствіемъ производятъ искуственное замораживаніе воды посредствомъ испаренія эѳира. Для сего наливаютъ въ фарфоровую чашечку сѣрнаго эѳира; туда же ставятъ маленькую, тонкую чашечку стеклянную или металлическую съ нѣсколькими каплями воды; ставятъ все сіе подъ колоколъ на тарелку воздушнаго насоса, и вытягиваютъ воздухъ: сильное испареніе эѳира на столько понизитъ температуру воды, что она можетъ замерзнуть. — *Леслій* (Англійскій ученый) успѣлъ заморозить воду посредствомъ испаренія даже самой воды. Для сего онъ ставилъ подъ колоколомъ воздушнаго насоса широкую чашку съ крѣпкою сѣрною кислотою (вмѣсто которой можно также употребить хлористый кальцій, или высушенную и немного поджаренную муку), а надъ нею располагалъ другую маленькую чашечку, содержащую немного воды (фиг. 277); потомъ вытягивалъ воздухъ: при семъ пары съ кипѣніемъ отдѣляются изъ воды, и тотчасъ поглощаются кислотою; термометръ, поставленный въ верхнюю чашечку, начинаетъ быстро понижаться, и въ короткое время въ водѣ показывается ледъ.

Посредствомъ испаренія жидкостей, имѣющихъ большую лѣтучесть, можно даже заморозить ртуть. Для сего обвернемъ шарикъ термометра небольшою губкою, которую напитаемъ углеродистою сѣрою, жидкостью

весьма летучею; потомъ поставимъ подъ колоколъ воздушнаго насоса и будемъ вытягивать воздухъ: то чрезъ нѣсколько секундъ ртуть понизится до температуры — 50°, и замерзнетъ.

Холодомъ, происходящимъ при испареніи, пользуются въ жаркихъ климатахъ для добыванія холодной воды Въ Египтѣ наливаютъ воду въ глиняные сосуды, весьма исскважистые, называемые *алкаразами*; ставятъ оные въ тѣни, гдѣ замѣчается теченіе воздуха: вода просасывающаяся сквозь сіи сосуды, дѣлаетъ ихъ поверхность всегда влажною, и испаряясь въ значительномъ количествѣ, отнимаетъ нѣсколько теплорода у сосуда и остающейся воды, и тѣмъ самымъ понижаетъ ея температуру.

388. *Холодъ во время разширѣнія газовъ.* — Ежели какому нибудь газу будетъ давать большій объемъ, нежели какой онъ имѣетъ; то его теплоекость будетъ становиться болѣе: отъ чего нарушится равновѣсіе между теплородомъ газа и теплородомъ окружающихъ тѣлъ; именно, изъ сихъ послѣднихъ часть теплорода будетъ сообщаться разрѣженному газу, и слѣдственно температура оныхъ тѣлъ будетъ понижаться. И дѣйствительно, если поставить чувствительный термометръ (особливо Брегетовъ) въ сосудъ, въ которомъ разрѣжаютъ воздухъ помощію воздушнаго насоса; то онъ будетъ показывать значительное пониженіе температуры. Но ежели въ сей сосудъ обратно впустить воздухъ, то окажется тотчасъ быстрое возвышеніе температуры: потому что давленіемъ атмосферы вгоняемый воздухъ сгущаетъ воздухъ въ сосудѣ бывшій, и вытѣсняетъ изъ него ту часть теплорода, которую онъ отнялъ у сосуда и у термометра во вре-

мя своего разрѣженія. Сей теплородъ, сдѣлавшись свободнымъ, дѣйствуетъ на термометръ, и возвышаетъ его температуру. Сіи явленія совершенно подтверждены опытами Августа Деларива и Марсе. Ann. de chimie et de phys. tom XXII.

Симъ свойствомъ газовъ изъясняется слѣдующее явленіе. Въ Шемницѣ (въ Венгріи) упатребляли нѣкогда водоотливную машину, въ которой движителемъ была упругость воздуха, сжимаемаго столбомъ воды въ 45 метровъ высотою (Яресъ). Для забавы посѣщавшихъ сіи рудники отворяли кранъ, чтобы дать изходъ сгущенному воздуху, и подставляли противъ сего отверстія шляпу рудокопа; поверхность шляпы тотчасъ покрывалась весьма плотными снѣжинками. Не трудно изъяснить сіе явленіе: сгущенный воздухъ, вырываясь изъ отверстія, увлекаетъ съ собою нѣсколько водяныхъ паровъ. Но какъ при своемъ выходѣ онъ вдругъ сильно расширяется, приходя въ равновѣсіе съ давленіемъ внѣшняго воздуха; то, въ слѣдствіе сего, отнимаетъ большое количество теплорода у тѣлъ окружающихъ и у водяныхъ паровъ. Пары сіи садятся на поверхность шляпы, и, теряя безпрестанно теплородъ, наконецъ замерзаютъ.

В. Освобожденіе теплорода изъ тѣлъ при переходѣ ихъ въ плотнѣйшее состояніе.

389. Мы видѣли, что твердыя тѣла, при переходѣ ихъ въ капельное состояніе, пріобрѣтаютъ большую теплоемкость и соединяются съ большимъ количествомъ теплорода: теперь обратно, если капельная жидкость начинаетъ переходить въ твердое состояніе, то получая меньшую теплоемкость, она должно отдѣлять

изъ себя значительное количество теплорода. Въ самомъ дѣлѣ, извѣстно, какое множество теплорода испускаютъ изъ себя расплавленные металлы при переходѣ ихъ въ твердое состояніе. Даже вода, переходящая въ состояніе льда, отдѣляетъ изъ себя примѣтное количество теплорода. Ежели наполнить сосудъ *чистою* водою, опустить въ нее термометръ, окружить охладительною смѣсью, и оставить охлаждаться; то увидимъ, что она не будетъ замерзать даже и тогда, когда понизится ея температура на нѣсколько градусовъ ниже нуля (*). Но потомъ, ежели дать сосуду легкое потрясеніе; то значительная часть воды перейдетъ въ состояніе льда; и температура ея возвысится до 0°. Это явленіе безъ сомнѣнія происходитъ отъ освобожденія сокрытаго теплорода изъ той части воды, которая перешла въ твердое состояніе.

Такое же дѣйствіе замѣчается при скоромъ кристаллизованіи солей. На прим. ежели заключить горячаго раствора Глауберовой соли (сѣрнокислаго натра) въ широкую стеклянную трубку, и закрыть оную такъ, чтобы воздухъ не имѣлъ къ нему прикосновенія; тогда растворъ и послѣ своего охлажденія останется еще жидкимъ: но ежели сію трубку открыть, то оная соль тотчасъ начнетъ кристаллизоваться, и вся трубка примѣтно нагрѣется.

390. Иногда твердое тѣло имѣетъ столь сильное сродство съ капельною жидкостію, что соединяясь съ нею переводитъ оную въ свое твердое состояніе: при семъ отдѣляется изъ жидкости весь тотъ теплородъ, который былъ причиною ея капельнаго состоянія. На

(*) По опытамъ *Благдена* можно ее довести до — 11°,66 Цел. терм.

прим. ежели налить немного воды на негашеную известь, то происходитъ сильное кипѣніе съ отдѣленіемъ теплорода, и даже свѣта; отъ сего соединенія получается сухой порошокъ, состоящій изъ извести и воды. Посему-то негашенная известь бываетъ иногда причиною пожаровъ, если она подмокаетъ. — Химія представляетъ много подобныхъ примѣровъ.

591. *При переходѣ паровъ въ капельное состояніе.* — Пары, переходя въ капельное состояніе, и получая меньшую теплоемкость, отдѣляютъ изъ себя то количество сокрытаго теплорода, которое было причиною ихъ воздухообразнаго состоянія. Въ семъ не только можно увѣриться прямыми опытами, но даже можно опредѣлить все количество теплорода, которое необходимо для превращенія капельной жидкости въ пары. Для примѣра возмемъ воду: нальемъ 1 фунтъ оной жидкости въ реторту А (фиг. 278), которой шея посредствомъ изогнутой трубки сообщена съ трехгорлымъ сосудомъ В; содержащимъ въ себѣ 5,40 фунтовъ воды, взятой при 0°, и будемъ кипятить воду въ ретортѣ, пока она вся парами перейдетъ въ сосудъ В. Тогда въ ретортѣ получится 6,40 фунтовъ капельной воды при температурѣ кипѣнія; ибо термометръ *t*, находящійся въономъ сосудѣ, будетъ показывать 100°. Такъ какъ во время кипѣнія воды, пары ся имѣли температуру 100°, и, перешедши въ капельное состоянія, не только сохранили сію температуру, но еще нагрѣли 5,40 фунтовъ воды также до 100°; то сіе показываетъ, что возвышеніе температуры сихъ 5,40 фунтовъ отъ 0° до 100° произошло помощію теплорода, отдѣлившагося изъ паровъ при ихъ сгущеніи. Изъ сего видно, что для *обращенія въ пары* 1 фунта воды, взятаго при 100°

нужно въ 5,40 разъ болѣе теплорода, нежели сколько онаго потребно для возвышенія температуры 1 фунта капельной воды отъ 0° до 100°. Слѣдственно, ежели принять за 1-цу то количество теплорода, которое достаточно для возвышенія температуры 1 фунта воды на 1°; то *въ фунтѣ паровъ воды* будетъ содержаться 640 таковыхъ единицъ; а въ фунтѣ воды, нагрѣтой до 100°, будетъ 100 единицъ.

392. При непосредственномъ опредѣленіи относит. теплорода паровъ, наливаютъ въ сосудъ B большее количество воды, замѣчаютъ ея вѣсъ P и температуру t до опыта. Изъ реторты A выпариваютъ кипяченіемъ столько воды (или иной жидкости), чтобы ея парами можно было возвысить температуру вѣса P холодной воды на 5° или 10°. Пусть p есть вѣсъ паровъ, перешедшихъ въ сосудъ B, T ихъ температура T′ температура смѣси $P+p$, и пусть x есть количество теплорода сокрытаго въ 1-цѣ вѣса паровъ: то сіе количество найдется изъ уравненія

$$p(T-T')+px=P(T'-t).$$

Ибо масса P воды въ семъ случаѣ пріобрѣтетъ количество $P(T'-t)$ теплорода, а масса p потеряетъ количество $p(T-T')$ теплорода. Но сіе послѣднее произведеніе не равно еще первому; ибо каждая единица массы p отдѣлитъ нѣкоторое количество x теплорода сокрытаго; а вся масса p отдѣлитъ px теплорода. Произведеніе px сложенное съ $p(T-T')$ и должно составить $P(T'-t)$.

Сдѣлаемъ примѣненіе оной формулы къ одному изъ опытовъ *Депре*. Онъ взялъ холодной воды 15956,30 граммовъ; охладительный сосудъ B былъ мѣдный, и вѣсилъ 3104,3 грам.; а какъ теплоемкость мѣди въ

сравненіи съ водою равна 0,095, то сія масса мѣди представляетъ намъ $0{,}095 \times 3104{,}3 = 294{,}9$ грам. воды: посему, все количество нагрѣваемой воды было $P = 16251{,}2$ граммовъ. Послѣ опыта оказалось, что масса p сгустившихся паровъ была $= 204{,}2$ граммовъ; пары сіи имѣли температуру $T = 100°$; температура холодной воды была $t = 22°$ до опыта; а температура смѣси получилась $T' = 29°{,}58$.

Подставивъ сіи величины въ уравненіе, найдется $x = 531$ единицъ теплорода сокрытаго въ 1-цѣ массы паровъ, при среднемъ давленіи атмосферы.

Изъ опытовъ *Клемана* и *Дезорма* найдено $x = 5{,}50$; слѣдственно, за истинное количество можно взять среднее 540.

Депре опредѣлялъ относит. теплородъ паровъ и другихъ жидкостей, именно: виннаго спирта, сѣрнаго эѳира и терпентиннаго масла, и получилъ слѣдующіе выводы:

Температура кипѣнія.	*Плотности*	*Относ. теплородъ*
Вода .... 100°	1,000	531
Винный спиртъ... 78°,8	0,793	207,7
Сѣрный эѳиръ..... 35,5	0,715	96,8
Терпентин. масло.. 156,8	0,872	76,8.

Изъ сей таблички видно, что различныя жидкости требуютъ различнаго количества теплорода для своего превращенія въ пары; ибо 1 граммъ паровъ спирта, сгущаясь въ капельное состояніе при 78°,8, отдѣляетъ изъ себя только 207,7 единицъ теплорода; то есть, такое количество онаго, какое потребно, чтобы возвысить температуру 207,7 граммовъ воды на 1°.

393. Большое количество теплорода, отдѣляющагося изъ паровъ при переходѣ ихъ въ капельное состояніе, употребляютъ теперь во многихъ случаяхъ какъ выгоднѣйшее средство для нагрѣванія воды на фабрикахъ, для нагрѣванія публичныхъ зданій, рабочихъ камеръ, переднихъ комнатъ въ домахъ, лесницъ, и проч., для формацевтическихъ приготовленій, для варенія пищи, сушенія солода, стирки бѣлья, и проч. (*). Сей же способъ нагрѣванія употребилъ *Эдуардъ Адамъ* для перегонки водокъ.

394. Многіе ученые старались узнать, *какое вліяніе имѣетъ температура на количество сокрытаго теплорода паровъ, при которой оные образуются*; на прим. 1 граммъ воды столько ли поглощаетъ теплорода при своемъ обращеніи въ пары при температурѣ 0°, сколько для испаренія при 100° или 150°. Вопросъ сей тѣмъ болѣе важенъ, что имѣетъ тѣсную связь съ теоріею теплорода и теоріею паровыхъ машинъ. Разрѣшеніемъ онаго занимались *Судерпъ, Клеманъ* и *Дезоромъ* (*), Депре (**), и другіе. Они опредѣляли количество относ. теплорода паровъ при разныхъ температурахъ, при коихъ они имѣли наибольшую степень упругости, и открыли, что *въ 1 граммѣ паровъ, при наибольшейихъ упругости, всегда находится одинакое количество сокрытаго теплорода, какова бы ни была ихъ температура.* Такимъ об. ежели взять 1 граммъ воды при 0°, то сумма количествъ теплорода, кои надлежитъ ему со-

(*) См. Principes de l'art de chauffer et d'aërer les édifices publics, ets. par *Tredgold*; trad. de l'anglais, 1825. — Traité de la chaleur, par E. *Peclèt*, t. 2. 1828.

(*) Traité de Chimie, par. Thénard. 6 édit. tom. 1, pag. 24.

(**) Ann. de Chimie et de Phys. t. XXIY, pag. 323.

общить, чтобы возвысить его температуру до 140°, а потомъ при сей же температурѣ обратить его въ пары, имѣющіе наибольшую упругость въ 3500 миллиметровъ (стр. 279, ч. I), примѣтно равна суммѣ количествъ теплорода, которую должно ему сообщить, чтобы возвысить его температуру до 100°, и при сей же температурѣ обратить въ пары, имѣющіе наибольшую упругость въ 760 миллиметровъ; или равна теплороду потребному для возвышенія температуры сей массы воды до 10°, и для переведенія оной въ пары при той же температурѣ, имѣющіе наибольшую упругость 9,475 миллим; или наконецъ равна тому количеству теплорода, которое потребно для испаренія сей массы воды при температурѣ 0°, когда ихъ наибольшая упругость = 5,059 миллиметрамъ. И обратно, 1 граммъ паровъ, взятый при наибольшей ихъ упругости, и при какой ни есть температурѣ, будучи обращенъ въ капельное состояніе и доведенъ до температуры 0°, отдѣляетъ изъ себя одно и тоже количество теплорода, т. е. 640 единицъ.

Законъ сей не покажется страннымъ, если обратимъ вниманіе на чрезвычайную разность въ объемахъ, занимаемыхъ парами въ оныхъ случаяхъ. На примѣръ: при 0° одинъ граммъ паровъ занимаетъ объемъ 150000 куб. центиметровъ, тогда какъ при 150° онъ имѣетъ объемъ въ 332 куб. центиметра. Клеманъ и Дезормъ заключили изъ сего, что *относительный теплородъ паровъ увеличивается съ увеличеніемъ ихъ объема.*

395. Теперь, если принять въ соображеніе, что газы не имѣютъ существеннаго различія отъ паровъ, ибо, при сильномъ давленіи и охлажденіи, почти всѣ переводятся въ капельное состояніе; что они при мгно-

венномъ сжатіи отдѣляютъ изъ себя большое количество теплорода, а при разширеніи поглощаютъ въ себя теплородъ: то можно сдѣлать общее заключеніе, что пары и газы, при наибольшей ихъ степени упругости, суть соединенія теплорода и вѣсомой матеріи въ различныхъ, но постоянныхъ содержаніяхъ. Теоретическія изысканія Гг. *Лапласа, Пуасона* и *Ивори* о теплородѣ паровъ и газовъ смотри въ Ann. Chim. et Phys. XVIII, 181 и 273. XXIII, 337 и 407. Phil. Mag. LXVI. 1.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Взглядъ на нагрѣваніе земнаго шара дѣйствіемъ теплорода солнечныхъ лучей.

596. Главнымъ источникомъ теплорода, согрѣвающимъ земную поверхность, есть солнце. Сіе благотворное свѣтило вмѣстѣ съ лучами свѣта распространяетъ отъ себя и лучи теплорода, кои, достигая свободно до земной поверхности, частію отражаются отъ оной, частію дѣлаются сокрытыми, и частію сообщаются земнымъ тѣламъ и возвышаютъ ихъ температуру. Нижній слой атмосферы, находящійся въ соприкосновеніи съ землею, заимствуя (344) отъ оной теплоту, нагрѣвается и охлаждается, по мѣрѣ того какъ земная поверхность возвышается или понижается въ температурѣ.

Величина нагрѣванія, производимаго лучами солнца, зависитъ отъ количества падающихъ лучей, отъ ихъ угла наклоненія къ земной поверхности или высоты солнца, отъ продолжительности ихъ дѣйствія, и отъ природы тѣлъ и свойства ихъ поверхности.

597, *Вліяніе наклонности лучей.* — Данная плоскость тѣмъ менѣе получаетъ лучей теплорода, чѣмъ они косвеннѣе на нее падаютъ. На прим. два пучка лучей *Sab*, *Scd* (фиг. 278) равной толстоты, изъ коихъ одинъ падаетъ на землю подъ прямымъ угломъ, а другой косвенно, встрѣчаютъ различныя поверхности *ab*, *cd*. Поверхность *cd* будетъ болѣе *ab*; слѣдственно сила дѣйствія теплорода на *cd* будетъ слабѣе нежели на *ab* въ содержаніи синуса угла наконенія *Scd*. И дѣйствительно, постоянно замѣчается, что дѣйствіе солнечной теплоты тѣмъ сильнѣе, чѣмъ оное свѣтило быва-

етъ выше надъ горизонтомъ. Такимъ об. теплота увеличивается отъ возхожденія солнца до полудня, а потомъ уменьшается послѣ полудня до захожденія солнца. Отъ сей же косвенности лучей происходятъ на землѣ различныя времена года и разные климаты. Солнце, имѣя *видимое* теченіе около земли въ Эклиптикѣ, пересѣкающей Экваторъ въ двухъ точкахъ подъ угломъ 23°28, два раза въ году бываетъ въ Экваторѣ, и производитъ *весеннее* (9-го Марта) и *осеннее* (11 Сентября) *равноденствіе*; а въ прочее время года отдаляется постепенно то на Сѣверъ, то на Югъ до поворотныхъ круговъ рака и козерога. При отдаленіи на Сѣверъ, лучи его начинаютъ прямѣе дѣйствовать на сѣверное полушаріе, и, согрѣвая оное, производятъ весну и часть лѣта (до 10 Іюня): а отступая къ Экватору начинаетъ косвеннѣе дѣйствовать своими лучами на оное полушаріе, и производитъ остальную часть лѣта и часть осени (до 11 Сентября). Перешедши на южное полушаріе, оно еще косвеннѣе начинаетъ дѣйствовать на сѣверное; отъ чего происходитъ у насъ осень и зима. Совершенно противное сему происходитъ на южномъ полушаріи.

398. *Продолженіе дѣйствія лучей.* — Температура поверхности земной въ данное время не зависитъ единственно отъ той теплоты, которую она получаетъ отъ солнца только въ сіе время; но отъ теплоты, сообщенной ей въ мгновенія предшествовавшія. Отъ сего происходитъ, что спустя два часа по захожденіи солнца температура бываетъ выше той, которая замѣчается спустя два часа по возхожденіи: ибо въ первомъ случаѣ, земля была нагрѣта продолжительнымъ присутствіемъ солнце надъ горизонтомъ. Отъ сего

произходитъ, что *наибольшая температура дня* не бываетъ въ самый полдень, но спустя два часа послѣ онаго. По такой же причинѣ *наибольшая температура года* не бываетъ въ Іюнѣ мѣсяцѣ, когда у насъ бываютъ должайшіе дни, но въ мѣсяцѣ Іюлѣ, когда солнце начинаетъ отступать къ Экватору: также и самый холодный мѣсяцъ бываетъ обыкновенно Январь, хотя самые кратчайшіе дни бываютъ въ Декабрѣ.

Въ лѣтнее время отъ Экватора до полярныхъ круговъ самая высшая температура почти вездѣ бываетъ одинакова : хотя въ сѣверныхъ странахъ высота солнца въ сіе время не бываетъ значительна, за то дни бываютъ продолжительнѣе, нежели въ странахъ тропическихъ, и сія продолжительность дѣйствія вознаграждаетъ недостатокъ въ количествѣ лучей свѣта (*). Отъ сего же на Сѣверѣ зимы бываютъ холодныя; ибо тогда высота солнца бываетъ очень мала, и дни весьма коротки.

399. Что касается до *средней годовой температуры* то она бываетъ самая большая подъ Экваторомъ, гдѣ почти во все продолженіе года солнце дѣйствуетъ на землю прямыми лучами; а отъ Экватора къ полюсамъ весьма быстро уменьшается, какъ видно изъ слѣдующей таблички.

(*) Земные полюсы всегда остаются холодными; потому что сообщаемый имъ теплородъ во время лѣта, употребляется на таяніе полярныхъ льдовъ и испареніе воды, и потому дѣлается сокрытымъ.

Широты мѣстъ.		Наибольшая температ.	Среднія годовыя температуры
Экваторъ	0° 0′	38°,	+ 28°,0 Цел. т.
Пондишери	11°55	44,7	29,6
Манилла	14 36	43,7	25,6
Вера-Круцъ	19 12	35,6	25,6
Каиръ	30 2	40,2	22,4
Пекинъ	39 54		12,7
Филидельфія	39 57		11,19
Неаполь	40 50		19,5
Римъ	41 54		15,8
Вѣна	48 13	35,9	10,3
Парижъ	48 50	38,4	10,6
Брюксель	50 51		11,0
С. Петербургъ	59 56	30,6	3,8
Або	60 27	34,2	4,9
Ос. Мельвиль	74 45	15,6	—18,5
На морѣ	76 45		—7,5
На морѣ	78, 0		—8,3

400. Ежели назначить на земной картѣ всѣ точки, коихъ среднія температуры суть 0°, 5°, 10°, 15°, 20°,..., и чрезъ точки равныхъ температуръ провести кривыя линіи, называемыя *равно-теплыми линіями* (l. isothermes); то сіи послѣднія не будутъ направлены по кругамъ, параллельнымъ Экватору; но всѣ имѣютъ двѣ главныя выпуклости къ Сѣверу, изъ коихъ одна лежитъ въ Европѣ, а, другая въ Америкѣ. Въ Европѣ выпуклыя вершины оныхъ кривыхъ находятся почти подъ однимъ меридіаномъ, лежащимъ къ востоку отъ Парижа на 8° : а, начиная отъ сего предѣла, равнотеплыя кривыя понижаются къ Экватору съ восточной и западной стороны, и потомъ опять возвышаются до *западнаго берега* Америки. Изъ сего видно, что запад-

ныя страны Стараго и Новаго свѣта, на одной и той же широтѣ, имѣютъ среднюю годовую температуру выше, нежели восточныя.

401. Сіе неравномѣрное нагрѣваніе мѣстъ земной поверхности, лежащихъ подъ одинакими широтами, произходитъ главнѣйше отъ того, что земля состоитъ изъ материка и воды. *Твердая земля* удобно принимаетъ въ себя теплородъ солнечныхъ лучей и нагрѣвается онымъ, потому что не перемѣняетъ своего состоянія. *Вода же* значительную часть сего теплорода отражаетъ, большую часть дѣлаетъ сокрытою переходя въ состояніе паровъ, и остальною частію нагрѣвается. Присовокупимъ къ сему, что вода имѣетъ весьма большую теплоемкость; то и откроется, что во время лѣта температура моря должна быть гораздо менѣе температуры материка подъ тою же широтою. И дѣйствительно, въ отдаленности отъ береговъ наибольшая температура моря не бываетъ болѣе 30° Ц. т., тогда какъ на поверхности *сухой* и твердой земли можетъ доходить до 65°, и болѣе. Отъ прикосновенія къ нимъ и воздухъ получаетъ подобную же температуру. Вотъ почему южное полушаріе, почти все покрытое водою (*), всегда холоднѣе сѣвернаго. Лѣтомъ, при 5° юж. широты, температура бываетъ только около 2°; а подъ 55° юж. шир. въ сіе время бываетъ морозъ и снѣгъ (Форстеръ) (**).

(*) На сѣвер. полушаріи поверхность материка къ поверхности моря относится какъ 42 ко 100; а на южномъ—какъ 13 ко 100.

(**) Сія разность зависитъ еще и отъ того, что, во время эллиптическаго движенія земли около солнца, сѣверное полушаріе почти 8-ю днями долѣе бываетъ обращено къ солнцу, нежели южное.

Только температура моря и температура сухой земли вообще бываетъ болѣе температуры воздуха, надъ ними стоящаго. Надъ сухою землею весьма рѣдко воздухъ достигаетъ до температуры 50°. Между температурою поверхности моря и температурою воздуха надъ нимъ находящагося, самая меньшая разность находится между тропиками; въ умѣренныхъ климатахъ сія разность ощущается уже болѣе; а въ холодныхъ — гораздо болѣе. Весьма рѣдко, даже въ странахъ тропическихъ, температура воздуха случается болѣе температуры моря (*).

402. Средняя годовая теперарура воздуха надъ морскою поверхностію въ умѣренныхъ и холодныхъ климатахъ бываетъ выше, нежели надъ твердою землею той же широты. Сіе происходитъ отъ того, что зимою охлажденіе моря происходитъ различно отъ охлажденія твердой земли. Поверхность материка охлаждается весьма быстро, и скоро охлаждаетъ воздухъ къ ней прикасающійся. Въ моряхъ же зимою открывается для воздуха изобильный источникъ теплорода: ибо охладившіяся части воды опускаются внизъ, а теплѣйшія поднимаются вверхъ, и такимъ образомъ поддерживаютъ температуру воздуха. Отъ сего-то разность между наибольшею и наименьшею годовою температурою воздуха надъ моремъ бываетъ не велика; тогда какъ надъ твердою землею сія разность можетъ простираться до 60° и болѣе. Отъ сего же и разность между наибольшею и наименьшею температурою

(*) *Дюперей* изъ 1850 наблюденій открылъ, что между тропиками поверхность моря была 1371 разъ теплѣе воздуха; а воздухъ только 479 разъ былъ теплѣе моря.

воздуха надъ моремъ въ *продолженіи однихъ сутокъ* бываетъ только отъ 1° до 3°; а надъ сухою землею она простирается до 10° и болѣе.

403. Нагрѣваніе отдѣльныхъ мѣстъ твердой земли, лежащихъ подъ тою же широтою, также бываетъ различно, и зависитъ отъ природы оныхъ мѣстъ, и качества ихъ поверхности, отъ ихъ возвышенія и положенія въ отношеніи къ солнцу, отъ свойства ближайшихъ къ нимъ странъ, отъ господствующихъ вѣтровъ, и проч. При одинакихъ обстоятельствахъ, песчаныя степи нагрѣваются сильнѣе, нежели области изобилующія лѣсами, лугами, болотами, и проч.: ибо въ послѣднихъ много теплорода дѣлается сокрытымъ по причинѣ испаренія воды. — Страны возвышенныя всегда бываютъ холоднѣе открытыхъ долинъ: ибо онѣ лежатъ въ слояхъ воздуха, имѣющихъ меньшую температуру; сверхъ того оный воздухъ, по причинѣ его рѣдкости имѣя большую теплоемкость, отнимаетъ у тѣлъ и большее количество теплорода, при переходѣ къ равновѣсію въ температурѣ. — Земныя возвышенности нагрѣваются сильнѣе тою стороною, на которую солнечные лучи въ продолженіе дня прямѣе дѣйствуютъ, и продолжительнѣе; со стороны же противоположной имѣютъ всегда меньшую температуру. — Страны приморскія, острова, имѣютъ обыкновенно лѣто прохладнѣе и зимы умѣреннѣе, нежели тѣ, кои окружены материкомъ. Заливы, рѣки, стѣсняемые берегами, имѣютъ воздухъ лѣтомъ теплѣе, а зимою холоднѣе, нежели воды моря удаленныя отъ береговъ его: ибо въ первомъ случаѣ теплѣйшій воздухъ съ береговъ смѣшивается съ воздухомъ стоящимъ надъ водою, и такимъ образомъ возвышаетъ ея температуру; а во второмъ случаѣ хо-

лоднѣйшій воздухъ береговъ, смѣшиваясь съ воздухомъ надъ водою, отнимаетъ у нее столько теплорода, что доводитъ до замерзанія, и иногда понижаетъ температуру до — 20° и болѣе. — Всѣ таковыя обстоятельства, взятыя въ совокупности, объясняютъ намъ, отъ чего мѣста твердой земли, находящіяся подъ тою же широтою, могутъ имѣть не одинакія среднія годовыя температуры.

404. *Измѣненіе температуры внутри твердой земли.* Всѣ важнѣйшія измѣненія въ температурѣ твердой земли произходятъ только въ верхнемъ ея слоѣ. Если же будемъ углубляться во внутренность земли, то замѣтимъ, что тамъ измѣненія въ температурѣ становятся медленнѣе и слабѣе; потому что земля есть худой проводникъ теплорода. Непосредственныя наблюденія показали, что на глубинѣ около 50 метровъ температура не измѣняется во все продолженіе года, и почти всегда бываетъ равна средней годовой температурѣ того мѣста.

405. Углубляясь ниже сего предѣла, оказывается, что температура земли возрастаетъ, и притомъ на каждые 30 метровъ (около) увеличивается на 1° Ц. т. Сія глубина не есть постоянная вездѣ, но средняя, выведенная изъ множества наблюденій, дѣланныхъ въ разныхъ странахъ свѣта Соссюромъ, Гумбольдтомъ, Добюйсономъ, Фоксомъ, и другими, на разныхъ глубинахъ колодезей и рудниковъ. Изъ сихъ наблюденій заключили, Что Шаръ земной имѣетъ собственную теплоту, сохранившуюся отъ времени его образованія. Ежели допустить, что температура земли увеличивается по оному закону до самаго центра ея, то тамъ она должна быть болѣе 200000° Ц. т. А какъ при сей тем-

пературѣ самыя огнеупорныя тѣла не только могутъ быть расплавлены, но вѣроятно быть и въ состояніи паровъ; то, по оному предположенію, земля должна имѣть одну только наружную толщу твердою, и что части ея, ближайшія къ центру, суть газы, удерживаемые сильнѣйшими давленіями. Геогностическія изслѣдыванія показываютъ, что сія гипотеза имѣетъ величайшую вѣроятность. Вулканическія изверженія безъ сомнѣнія зависятъ отъ частей сихъ газовъ, прорывающихся сквозь твердое тѣло земнаго черепа. Быть можетъ, что земля, при своемъ образованіи была въ состояніи плавленія; что не только ея воды, но и множество другихъ тѣлъ находились тогда въ состояніи паровъ; что она постепенно охлаждалась начиная отъ полюсовъ къ Екватору въ продолженіи многихъ вѣковъ, пока сдѣлалась способною къ населенію растеніями и животными.

406. Совершенно иначе измѣняется *внутренняя температура морей*. Наблюдая температуру моря при его поверхности, и на различныхъ глубинахъ, *Скорезби, Себинъ, Россъ, Перри*, и другіе мореплаватели открыли: 1) что между тропиками температура моря уменьшается по мѣрѣ углубленія въ оное: сіе произходитъ отъ того, что воды холодныхъ странъ всегда находятся въ сообщеніи съ водами странъ теплыхъ; а холоднѣйшая вода должна стоять ниже по причинѣ густоты своей. 2) Въ моряхъ полярныхъ температура увеличивается, по мѣрѣ углубленія: и сіе зависитъ отъ того, что вода имѣетъ наибольшую плотность при $+4°$ Ц. т. слѣдственно должна стаять ниже воды, имѣющей температуру отъ $0°$ до $-2°$, и составляющей верхній слой моря. 3) Въ моряхъ умѣренныхъ климатовъ (меж-

ду 30° и 70° с. широты) температура убываетъ тѣмъ менѣе, по мѣрѣ углубленія, чѣмъ широта становится болѣе, и на широтѣ 70° она начинаетъ дѣлаться возрастающею.

407. *Измѣненіе температуры въ Атмосферѣ на различныхъ возвышеніяхъ.* — Извѣстно всѣмъ, что температура уменьшается, по мѣрѣ удаленія отъ земной поверхности: это доказываютъ вѣчные льды и снѣги, покрывающіе вершины высокихъ горъ не только въ умѣренныхъ, но даже и въ жаркихъ климатахъ. Въ умѣренныхъ климатахъ температура атмосферы понижается на 1° Ц. т. при возвышеніи на 187 метровъ (среднимъ числомъ). Изъ сего видно, что надъ каждымъ мѣстомъ земной поверхности можно достигнуть такой высоты, на которой во все продолженіе года снѣгъ не растаяваетъ. Предѣлъ сей называется *снѣжною линіею.* Она при полюсахъ лежитъ на самой поверхности земной, и потомъ постепенно возвышается, по мѣрѣ приближенія къ Экватору, гдѣ ея высота простирается до 4800 метровъ, считая отъ поверхности моря (*). Излишнимъ считаю упоминать, что снѣжная линія въ продолженіе года подвержена возхожденію и низхожденію, простирающемуся отъ 1000 до 2000 метровъ; что во время лѣта она получаетъ наибольшее возвышеніе, а во время зимы въ умѣренныхъ и холодныхъ климатахъ она низходитъ до земной поверхности. Очевидно также, что, въ одно и тоже время года и на одной широтѣ, она не должна

(*) Высоту снѣжной линіи, отъ Экватора до полярнаго круга (и далѣе) можно близко находить по формулѣ $H = (4320 \cos^2 . l + 500)$ метровъ; гдѣ l есть широта мѣста.

имѣть одного и того же возвышенія; ибо сіе возвышеніе зависитъ отъ среднихъ годовыхъ температуръ оныхъ мѣстъ, кои не рѣдко бываютъ различны (400).

Слѣдствія, происходящія отъ разности въ единовременной температурѣ различныхъ областей земли.

408. Отъ разности, существующей всегда между температурами различныхъ мѣстъ земной поверхности происходятъ различныя теченія воздуха. Мѣста, наиболѣе нагрѣвающіяся, служа для воздуха главными источниками теплорода, дѣлаютъ его легче относительно того воздуха, который находится надъ мѣстами менѣе нагрѣтыми. Отъ сего теплѣйшій воздухъ безпрестанно поднимается вверхъ, и разходится по верхнему слою Атмосферы, будучи вытѣсняемъ воздухомъ тяжелѣйшимъ менѣе нагрѣтымъ, который въ сіе время распространяется на его мѣсто, нагрѣвается, поднимается вверхъ, и замѣщается воздухомъ менѣе теплымъ, и т. д. Отъ сихъ-то теченій воздуха происходятъ вѣтры постоянные, періодическіе и непостоянные.

Постоянные восточные вѣтры дуютъ только въ жаркомъ поясѣ и преимущественно на Океанахъ по обѣ стороны Экватора: въ сѣверномъ полушаріи — отъ Сѣверо-востока, а въ южномъ полушаріи — отъ Юго-востока. Сей вѣтеръ происходитъ отъ того, что самую высшую годовую температуру имѣетъ земная поверхность, составляющая жаркій поясъ; отъ чего нагрѣваемый воздухъ поднимается вверхъ и распространяется къ полюсамъ, а воздухъ холодный умѣреннаго и холоднаго поясовъ безпрестанно переходитъ къ Эк-

ватору. Но какъ скорость суточнаго обращенія сего послѣдняго воздуха менѣе скорости обращенія странъ жаркаго пояса; то онъ дѣйствительно отстаетъ на западъ. Посему, всякое тѣло на Экваторѣ встрѣчаетъ отъ него сопротивленіе съ восточной стороны, и ощущаетъ его движеніе съ сѣверной либо южной стороны: отъ сего сложнаго дѣйствія и произходитъ постоянный сѣверо-восточный, либо юго-восточный вѣтеръ. — Внутренній предѣлъ сихъ вѣтровъ не находится на самомъ Экваторѣ, но лежитъ между 1° и 5° Сѣв. Ш. Сіе произходитъ отъ того, что сѣверное полушаріе нагрѣвается сильнѣе южнаго; слѣдовательно теченіе воздуха съ Юга должно преодолѣвать теченіе отъ Сѣвера, и переходить черезъ Экваторъ. На семъ предѣлѣ восточный вѣтеръ бываетъ слабъ, и даже иногда вовся не замѣтенъ: ибо здѣсь два теченія, сѣверное и южное, встрѣчаются; и сверхъ сего, одно изъ нихъ кажется отстающимъ къ западу, а другое или имѣетъ всю скорость обращенія, свойственную тому поясу, или представляется уходящимъ къ Востоку. — На сухой землѣ постоянный вѣтеръ получаетъ весьма большія измѣненія въ своемъ направленіи, встрѣчая берега морей, цѣпи горъ, долины, и проч.

Отъ сего теченія воздуха въ жаркомъ поясѣ бываютъ только два времени года: сухое жаркое (лѣто), и дождливое холодное (осень). Послѣднее произходитъ тогда, когда солнце отъ сѣвернаго поворотнаго круга начинаетъ возвращаться къ Экватору; тогда холодный воздухъ, притекающій къ Экватору съ южнаго полушарія, смѣшиваясь съ теплымъ воздухомъ, изобилующимъ водою, охлаждаетъ оный; отъ чего начинаются тропическіе дожди, продолжающіеся нѣсколько мѣ-

сяцовъ. — Что касается до полярныхъ странъ, то, по причинѣ всегдашнихъ льдовъ и снѣговъ на полюсахъ, воздухъ тамъ бываетъ обыкновенно холоденъ, мало содержитъ паровъ, и стремится переходить въ страны умѣреннаго пояса: воздухъ же странъ умѣренныхъ хотя и переходитъ къ полюсамъ, но на пути своемъ столько теряетъ паровъ, что уже не производитъ дождей, а только одни туманы, кои надъ полярными морями продолжаются во все лѣто. Отъ сего-то и при полюсахъ бываютъ два времени года: сухое холодное (зима), и сухое теплое.

Періодическіе вѣтры (Муссоны) замѣчаются въ Индѣйскомъ морѣ между Индіею и Африкою, также около Бразиліи и другихъ береговъ, и отличаются тѣмъ, что они въ одну половину года дуютъ по одному направленію, а въ другую — по противоположному направленію. На прим. въ Индѣйскомъ морѣ, при удаленіи солнца на Сѣверъ, періодическій вѣтеръ дуетъ отъ Юго-запада съ Сѣверо-востоку; а при отступленіи солнца на южное полушаріе, онъ дуетъ въ противную сторону. Произхожденіе сего вѣтра зависитъ отъ того, что сіе море окружено двумя великими материками; и когда одинъ изъ нихъ нагрѣвается полгода, то другой охлаждается.

Къ симъ же вѣтрамъ относятся *суточные береговые и морскіе вѣтры*, въ особенности замѣчаемые въ теплыхъ странахъ. Они ночью дуютъ съ берега на море а днемъ съ моря на берегъ, и зависятъ отъ того, что днемъ воздухъ надъ моремъ бываетъ холоднѣе нежели надъ берегами; а ночью охлаждается скорѣе земля и воздухъ надъ нею, нежели воздухъ надъ моремъ, и происходитъ теченіе воздуха на море.

Я не буду излагать здѣсь о вѣтрахъ непостоянныхъ и ихъ свойствахъ. О семъ можно читать въ Метеорологіяхъ, и въ особенности въ періодическихъ запискахъ, издаваемыхъ въ Парижѣ Мореномъ, подъ заглавіемъ: *Correspondance pour l'avancement de la Météorologie*, съ 1827 года.

409. Кромѣ различныхъ движеній атмосферы, при всякомъ возвышеніи температуры происходитъ испареніе воды; а при пониженіи температуры, часть оной воды отдѣляется, и образуетъ всѣ водяные метеоры, каковы: туманы, облака, дождь, снѣгъ, росу, иней, и проч.

Туманы и *облака* по составу своему ни чемъ между собою не различаются; они суть видимые т. е. пузырчатые пары, носящіеся либо надъ самою поверхностію земли, либо въ удаленіи отъ оной въ возвышенныхъ частяхъ атмосферы, и состоятъ изъ мельчайшихъ водяныхъ пузырьковъ, осаждающихся въ видѣ влаги на тѣла. Лѣтомъ, въ тихую погоду, тотчасъ по захожденіи солнца, туманъ начинается надъ влажными долинами и равнинами, надъ лѣсами надъ берегами рѣкъ и озеръ и даже распространяется надъ водою. Ибо въ сіе время охлаждающаяся земля отнимаетъ часть теплорода у воздуха къ ней прикасающагося, сгущаетъ находящіеся въ немъ пары воды (коихъ наиболѣе находится надъ влажными мѣстами), и переводитъ оные въ туманъ, возвышающійся надъ земною поверхностію. Въ сіе же время начинаетъ показываться туманъ и надъ водою, по причинѣ теченія холоднаго воздуха съ берега на воду. — Надъ озерами, рѣка, митуманъ обыкновенно происходитъ тогда, когда ихъ воды имѣютъ температуру гораздо болѣе температуры прикасающагося возду-

ха: ибо въ семъ случаѣ изъ воды отдѣляется большое количество паровъ, кои возходя въ холодный воздухъ сгущаются и дѣлаются видимыми, подобно тому, какъ образуются видимые пары надъ теплою водою, поставленною въ холодномъ воздухѣ.

Туманы, составляющіе облака, поддерживаются на разныхъ высотахъ въ атмосферѣ безпрестаннымъ теченіемъ воздуха, отъ земли возходящаго, и вѣроятно треніемъ ихъ частицъ съ воздухомъ. Но когда прекращается возхожденіе воздуха, то частички онаго тумана, по превосходству своего вѣса, начинаютъ медленно опускаться къ земной поверхности, и образуютъ низходящій туманъ.

Охлажденіе воздуха верхнихъ слоевъ атмосферы, а съ тѣмъ вмѣстѣ и образованіе облаковъ, произходитъ: 1) при встрѣчѣ движущагося воздуха съ лѣсами или горами, гдѣ онъ, сгущаясь отъ ихъ сопротивленія, принужденъ бываетъ возходить до ихъ холодныхъ вершинъ, или течь горными проходами и глубокими долинами, закрытыми тѣнью, и отъ того всегда болѣе или менѣе прохладными. (*) 2) Но гораздо чаще облака произходятъ отъ того, что влажный нагрѣтый воздухъ, восходящій вверхъ, переносится вѣтромъ съ одного мѣста на другое, и приводится или въ соприкосновеніе или смѣшеніе съ холоднымъ воздухомъ, гдѣ нибудь встрѣчающимся (261).

Чѣмъ болѣе понижается температура влажнаго воз-

(*) Отъ сего же около горъ и въ лѣсахъ всегда находится влага, служащая произхожденіемъ источниковъ и болотъ: ибо источники изсякаютъ, гдѣ лѣса бываютъ срублены, и появляются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ лѣса разводятся.

духа, тѣмъ болѣе образуется въ немъ пузырьчатыхъ паровъ, тѣмъ болѣе увеличивается толстота ихъ водяныхъ оболочекъ, и тѣмъ болѣе облако густѣетъ и понижается. Ежели частички облака сдѣлаются довольно велики, то онѣ ниспадаютъ въ видѣ дождя или снѣга, смотря по температурѣ. Во время осени, теченіе возходящаго воздуха бываетъ слабо: отъ сего облака носятся низко, и падающія капли бываютъ мелки. Лѣтомъ возхожденіе воздуха бываетъ несравненно сильнѣе, слѣдовательно облака могутъ удерживаться на большой высотѣ, и содержать большое количество воды; отъ сего и падающія капли бываютъ велики. Подъ Экваторомъ, гдѣ возхожденіе воздуха и испареніе воды происходитъ наибольшее, падающія капли дождя не рѣдко бываютъ въ дюймъ толщиною.

410. *Образованіе росы.* — Когда солнце скрывается за горизонтъ, и тѣла земной поверхности перестаютъ быть нагрѣваемы его лучами; то онѣ, испуская изъ себя теплородъ пріобрѣтенный во время дня, начинаютъ охлаждаться: отъ прикосновенія къ нимъ охлаждается самый нижній слой воздуха, и осаждаетъ на оные предметы воду, которую мы называемъ *росою*, или *заморозью* (если она на нихъ замерзаетъ). Образованіе росы происходитъ совершенно согласно съ законами охлажденія тѣлъ, въ чемъ удостовѣрился Док. *Вельсъ* (Англич.) прямыми наблюденіями. 1) Она происходитъ лѣтомъ или осенью только во время тихихъ и ясныхъ ночей: ибо въ сіе время тѣла, испуская теплородъ въ открытое небо, дѣйствительно теряютъ оный безъ вознагражденія, и потому скоро становятся холоднѣе воздуха. Когда же небо закрывается облаками, то охлажденіе земныхъ предметовъ уменьшается; потому

что потеря лучащаго изъ нихъ теплорода значительно вознаграждается теплородомъ приходящимъ отъ облаковъ. Отъ сего же зимою сильные морозы бываютъ въ ясную погоду: но когда небо закрывается облаками и падаетъ изобильный снѣгъ, то становится оттепель. Вѣтеръ, перемѣняя безпрестанно воздухъ надъ тѣлами, поддерживаетъ ихъ температуру, и тѣмъ самымъ прекращаетъ образованіе росы. 2) Роса осаждается на тѣла, имѣющія большую испускательную способность: такимъ об. она почти ничтожна на поверхности полированныхъ металловъ, но въ изобиліи садится на шерсть, пухъ, стекло, древесныя опилки, траву, и пр. 3) Все, что уменьшаетъ пространство неба, видимаго изъ того мѣста, которое занимаетъ тѣло, уменьшаетъ его охлажденіе, а съ тѣмъ вмѣстѣ и количество росы, на него осаждающейся. Ибо теплородъ, испускаемый тѣлами къ горамъ, деревьямъ, стѣнамъ или щитамъ, никогда не теряется безъ вознагражденія.

ОТДѢЛЕНІЕ ТРЕТІЕ.

ОБЪ ЭЛЕКТРИЧЕСТВѢ.

Предварительныя понятія.

411. Ежели кусокъ янтаря, стекла или сургуча потереть о сухое сукно, и поднести къ легкимъ тѣламъ, на пр. лоскуткамъ бумаги, соломинкамъ, и проч., то увидимъ, что онѣ къ нему будутъ притягиваться; а нѣкоторыя притянувшись отскакиваютъ и какъ бы отталкиваются. Ежели потертое тѣло поднести къ лицу; то почувствуемъ, какъ будто паутина падаетъ на оное; а ежели прикоснуться рукою, то примѣчается свѣтъ (особливо въ темнотѣ), и ощущается запахъ, похожій на фосфорный. — Явленія сіи называются *электрическими*; а свойство тѣлъ, обнаруживающееся оными явленіями, называется *электричествомъ*, отъ греческаго названія électron *янтарь*; потому что сіе свойство первоначально замѣчено было въ янтарѣ мудрецомъ *Ѳалесомъ* еще за 600 лѣтъ до Р. Х.

Со времени Ѳалеса до конца 16 вѣка не знали никакихъ другихъ явленій, кромѣ притяженія, производимаго янтаремъ: но отъ сего времени опытныя изслѣдыванія, начатыя *Гилбертомъ*, открыли, что сіе

любопытное свойство принадлежитъ всѣмъ тѣламъ, и показали, что электричество въ тѣлахъ можетъ быть возбуждено не однимъ только тренiемъ, но также давленiемъ, прикосновенiемъ тѣлъ разнородныхъ, нагрѣванiемъ, и дѣйствiемъ химическихъ соединенiй и разложенiй.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Объ электричествѣ, возбуждаемомъ тренiемъ.

412. Для открытiя присутствiя электричества въ тѣлахъ, при начальныхъ опытахъ, употребляется *простой электроскопъ* (фиг. 286), состоящiй изъ маленькаго шарика бузинной сердцевины, повѣшеннаго на шелковинкѣ. Потертый сургучь, поднесенный къ сему шарику, тотчасъ его къ себѣ притягиваетъ, и потомъ отталкиваетъ.

413. Ежели куски различныхъ тѣлъ, потертые о сукно, будемъ подносить къ сему электроскопу, то увидимъ, что стекло, янтарь, сѣра, шелкъ, драгоцѣнные камни, и всѣ вообще стекловатыя и смолистыя тѣла оказываютъ электричество: металлы же и нѣкоторыя другiя тѣла не показываютъ ни малѣйшихъ слѣдовъ электричества, если оныя тереть, держа непосредственно рукою. Но ежели металлическiй шарикъ прикрѣпить къ стеклянной рукояткѣ, и, взявшись за оную, тереть его о мѣхъ или сукно, тогда и онъ становится наэлектризованнымъ. Тоже произойдетъ, если поставить металлическiй цилиндръ на

стеклянныхъ ножкахъ, или повѣсить на шелковыхъ снуркахъ, и тереть мѣхомъ, не прикасаясь руками (*). — Откроется также, что стекло, смолы, и проч. электризуются треніемъ только въ томъ мѣстѣ, которое бываетъ терто; прочая же ихъ поверхность остается въ *естественномъ состояніи.* Но металлическій цилиндръ, въ какомъ бы мѣстѣ ни былъ тертъ, получаетъ электричество по всей своей поверхности. — Ежели къ потертому стеклу прикоснуться рукою, то оно теряетъ электричество только въ точкѣ прикосновенія : но металлическій цилиндръ мгновенно теряетъ электричество со всей своей поверхности, ежели къ нему прикоснуться рукою въ одной точкѣ.

414. Наблюденія показываютъ, что Электричество, подобно веществу, можетъ *сообщаться* отъ одного тѣла къ другимъ. На прим. ежели на сургучную палку налепить оловянный кружокъ, и, прикоснувшись онымъ къ потертому стеклу, поднести къ простому электроскопу, то окажется, что сей кружокъ будетъ наэлектризованъ. Но электричество, сообщаемое тѣламъ не съ одинаковымъ удобствомъ распространяется по поверхности всякаго тѣла. Ежели къ мѣдному шару или цилиндру, стоящему на стеклянной подставкѣ, прикоснуться наэлектризованнымъ тѣломъ въ одной точкѣ, то онъ мгновенно получитъ электрическія свойства по всей своей поверхности. Если же къ наэлектризованному тѣлу прикоснуться стекломъ или палкою сургуча, то увидимъ, что такому тѣлу электричество сообщится только въ точкѣ прикосновенія, и будетъ

(*) Сей способъ электризованія металловъ открытъ *Греемъ* (въ Англіи) 1727 года.

чрезвычайно медленно распространяться отъ сей точки къ другимъ.

415. Изъ сего видно, что всѣ тѣла могутъ электризоваться тренiемъ, и могутъ получать электричество отъ другихъ тѣлъ чрезъ сообщенiе; но не всѣ способны съ одинакою скоростiю проводить электричество по своей массѣ и поверхности отъ одной точки до другой. Посему-то всѣ тѣла природы раздѣляются на *хорошiе* и *худые проводники электричества*. Къ хорошимъ проводникамъ относятся: всѣ металлы и сплавки ихъ (въ порядкѣ: мѣдь, золото, серебро, желтая мѣдь, желѣзо, олово, свинецъ, и проч., начиная съ лучшаго); многiя капельныя тѣла, особливо кислоты, растворы солей и ихъ пары; уголь, большая часть растительныхъ и животныхъ тѣлъ, особливо когда находятся въ нихъ влаги, и проч. Къ худымъ же проводникамъ относятся: всѣ смолы, стекло, камни, шелкъ, сѣра, шерсть, бумага, сухiе газы (слѣдственно и воздухъ), и проч. Впрочемъ, между хорошими и худыми проводниками нѣтъ опредѣленныхъ границъ; ибо есть тѣла, кои можно назвать *полу-проводниками*, каковы: бумага, алебастръ, мраморъ, и многiе другiе камни. Даже одно тѣло лучше проводитъ электричество при возвышенной нежели при низкой температурѣ.

416. Худые проводники употребляются для *уединенiя* хорошихъ проводниковъ, т. е. для разобщенiя оныхъ съ землею и другими хорошими проводниками. Такимъ образомъ тѣло называютъ *уединеннымъ* (isolé), когда оно держится въ сухомъ воздухѣ на худомъ проводникѣ. Для сей цѣли употребляются обыкновенно: стеклянныя подставки (покрываемыя иногда сургучнымъ лакомъ), шелковые снурки и ниточки, сургучь и особливо гум-

милакъ, который считается самымъ худшимъ проводникомъ, — Хорошіе же проводники употребляются для проведенія электричества въ какую угодно сторону, и притомъ на произвольное разстояніе, лишъ бы они были достаточно уединяемы.

417. Ближайшія наблюденія показываютъ, что въ природѣ находятся два электричества: одно, которое возбуждается треніемъ *стекла о сухое сукно;* а другое возбуждаемое треніемъ *смолы* (на пр. сургуча) *о сукно* (*): почему первое названо *стекляннымъ* или *положительнымъ*, а второе — *смолянымъ* или *отрицательнымъ*. Сіи два электричества, разсматриваемыя отдѣльно, показываютъ одинакія свойства и дѣйствія; но, будучи сравниваемы одно съ другимъ, представляются какъ двѣ противныя силы. Существенная же разность между ими состоитъ въ томъ, что *два тѣла, получившія одинакое электричество, отталкиваются; а два тѣла, получившія одно электричество стекла, а другое электричество смолы, взаимно притягиваются.* Въ этомъ увѣриться можно изъ слѣдующихъ опытовъ. Мы знаемъ, что бузинный шарикъ простаго электроскопа, будучи поднесенъ къ стеклу, потертому о сукно, притягивается къ оному, а потомъ безпрестанно отталкивается: но въ семъ состояніи, ежели поднести его къ смолѣ, потертой о сукно, то онъ не будетъ отъ нее отталкиваться, но сильно къ ней притянется. Ежели на льняныхъ ниточкахъ повѣсить два маленькихъ бузинныхъ шарика, уединить ихъ на стеклянной подставкѣ (фиг. 281), и прикоснуться къ нимъ по-

(*) Сіе различіе открыто въ 1733 и 1734 годахъ *Дюфесемъ* Членомъ Парижской Академіи Наукъ.

тертымъ стекломъ (или потертою смолою); то шарики, получивши одинакое электричество, начнутъ отталкиваться, и разходиться въ стороны. Но ежели взять два бузинныхъ шарика, повѣшенныхъ отдѣльно на особыхъ стеклянныхъ подставкахъ (фиг. 282), и одному сообщить электричество стекла, а другому электричество смолы, и потомъ приблизить одинъ къ другому; то они начнутъ между собою притягиваться; и нерѣдко случается, что они, послѣ прикосновенія, приходятъ въ естественное состояніе, т. е. теряютъ свои электричества.

Впередъ мы часто будемъ означать стеклянное электричество чрезъ + E, а смоляное — чрезъ — E.

418. *Чтобы узнать родъ электичества на какомъ нибудь тѣлѣ*, надлежитъ испытать его дѣйствіе на простой электроскопъ (фиг, 280), которому сообщено извѣстнаго рода электричество. На прим. сообщимъ его бузинному шарику + E, прокоснувшись онымъ къ стеклянной трубкѣ, потертой о сукно; и, когда онъ ею оттолкнется, то поднесемъ къ нему испытуемое тѣло. Ежели шарикъ оттолкнется и симъ тѣломъ, то на ономъ будетъ находиться также + E: если же будетъ притягиваться, то можно думать, что на семъ тѣлѣ находится — E. Въ послѣднемъ случаѣ, для большаго удостовѣренія, надлежитъ шарику электроскопа сообщить — E, и поднести къ нему испытуемое тѣло: шарикъ оттолкнется, ежели на семъ тѣлѣ дѣйствительно находится — E.

Для сей же цѣли часто употребляются весьма удобные и весьма чувствительные *электроскопы Гг. Гаю, Вольты* и *Бенета.* Электроскопъ Г. Гаю состоитъ изъ сургучной или гуммилаковой подставки R (фиг. 283)

поддерживающей стальное остріе, на которое привѣшивается своею шляпкою мѣдная иголка, чрезвычайно удобоподвижная, оканчивающаяся двумя мѣдными шариками *a*, *b*. При употребленіи, сообщаютъ шарику *a* отрицательнаго электричества, прикоснувшись къ нему потертымъ сургучемъ или янтаремъ, и потомъ подносятъ къ нему испытуемое тѣло.

Вольтовъ электроскопъ состоитъ изъ двухъ соломинокъ *a*, *a'* (фиг. 284), повѣшенныхъ свободно одна подлѣ другой посредствомъ тоненькихъ проволочекъ на металлическомъ стержнѣ TT, проходящемъ сквозь пробку стеклянной банки ABCD. Когда стержню TT сообщится какое нибудь электричество, то его соломинки, получивши оное, отталкиваются или разходятся. Уголъ ихъ отдаленія (измѣряемый иногда дугою начерченною на внѣшней сторонѣ банки) показываетъ степень дѣйствія сего электричества.

Ежели въ семъ электроскопѣ вмѣсто соломинокъ употребить листочки золота, то составится электроскопъ Беннетовъ, который имѣетъ еще большую чувствительность.

419. Испытывая тѣла, электризуемыя треніемъ, найдено, что родъ ихъ электричества зависитъ и отъ состоянія тѣла трущаго и отъ состоянія тѣла тромаго: но въ семъ отношеніи не найдено почти ничего общаго. На прим: полированное стекло, потертое о сукно или полотно, получаетъ + E; а потертое кошечьимъ мѣхомъ, показываетъ — E. Шелкъ, потертый о полированое стекло, получаетъ + E, а потертый о смолу (сургучь), получаетъ — E. Двѣ одинакія шелковыя ленты, при треніи крестъ на крестъ одна о другую, получаютъ противныя элек-

тричества, и именно лента, тромая вдоль, получаетъ + Е. Ежели полированную плитку стекла тереть о стеклянную плитку неполированную, то первая получаетъ + Е, а вторая — Е.

Слѣдующія тѣла : кошечій мѣхъ, полированное стекло, сукно, перье, дерево, бумага, шелкъ, гуммилакъ и неполированное стекло, таковы, что каждое получаетъ + Е отъ тренія со всякимъ тѣломъ ему предшествующимъ; но получаетъ — Е отъ тренія со всякимъ тѣломъ послѣдующимъ.

Во всѣхъ случаяхъ тѣло трущее и тѣло тромое приобрѣтаютъ противныя электричества. — Въ подтвержденіе сего, дѣлаютъ въ физическихъ кабинетахъ иногда слѣдующій опытъ : становятся два человѣка на особыя *уединительныя скамеечки* съ стеклянными ножками ; и одинъ изъ нихъ бьетъ по платью другаго кошечьимъ мѣхомъ : тогда первый получаетъ + Е, а второй — Е ; и изъ обоихъ можно получить электрическія искры.

Сверхъ сего замѣчено, что всѣ тѣла смолистыя, и также тѣла, коихъ поверхность неполирована, бываютъ наиболѣе способны получать — Е посредствомъ тренія.

420. Количество электричества, оказывающееся на двухъ трущихся тѣлахъ, зависитъ отъ ширины трущейся поверхности, и отъ природы оныхъ тѣлъ. Электричество обнаруживается тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе тромая поверхность тѣла. Одно и тоже электричество на поверхности тромаго тѣла обнаруживается не въ одинакомъ количествѣ, смотря потому, какимъ тѣломъ она бываетъ терта. На прим. стекло сильнѣе электризуется треніемъ о сукно нежели о полотно,

и еще сильнѣе получаетъ электричество при треніи съ сѣрнистымъ оловомъ или съ амальгамами. Наблюденія сіи подали мысль къ устроенію электрической машины, служащей для возбужденія сильнаго электричества.

Электрическая машина. — Существенныя части оной машины суть:

1) *Тромое тѣло:* для сего употребляется худой проводникъ, именно стеклянный цилиндръ А или стеклянный кругъ, обращаемый на оси посредствомъ рукоятки (фиг. 285, 286).

2) *Трущее тѣло*, именно двѣ или четыре волосеныя подушки, обшитыя замшею, и намазанныя амальгамою, составленною изъ 1 части олова, 1 части цинка и 2 ч. ртути. Онѣ попарно прижимаются пружинами къ стеклянному кругу.

3) *Кондукторъ* или проводникъ С. Онъ дѣлается изъ мѣди или жести въ видѣ цилиндра съ округленными концами, и ставится по другую сторону круга А. Съ одного конца его находится металлическая вилка съ острыми зубчиками, которая обхватываетъ стеклянный кругъ; а съ другаго конца — мѣдный стержень съ шарикомъ. На кондукторѣ ставится иногда *Генліевъ электрометръ*, состоящій изъ бузиннаго шарика, привѣшеннаго на деревянномъ прутикѣ въ центрѣ костянаго вертикальнаго полу-круга, раздѣленнаго снизу вверхъ на 180°. Онъ служитъ для приблизительнаго сужденія о степени силы электричества на кондукторѣ. —

Три главныя части электрической машины для разобщенія съ землею утверждаются на стеклянныхъ подставкахъ.

422. Ежели обращать стеклянный кругъ, то онъ

тренія его о подушки, электризуются въ одно время подушки, стеклянный кругъ и кондукторъ, и при томъ такъ, что на подушкахъ всегда оказывается — Е, а на стеклѣ и кондукторѣ + Е. Здѣсь электричества сіи оказываются въ несравненно большемъ количествѣ, нежели при треніи куска стекла или сургуча о сукно; а потому и всѣ явленія ими производимыя гораздо замѣчательнѣе: 1) Кондукторъ оказываетъ сильное притяженіе и отталкиваніе легкихъ тѣлъ на весьма значительномъ разстояніи, въ чемъ увѣриться можно посредствомъ электроскоповъ. Сими притяженіями и отталкиваніями производится электрическая пляска (*), электрическій звонъ (**), и проч. Сіе дѣйствіе оказывается не только сквозь воздухъ, но и сквозь всякое другое тѣло: на прим, простой электроскопъ будетъ

(*) Для сего заключаютъ нѣсколько бузинныхъ или пробочныхъ шариковъ въ стеклянной цилиндръ (фиг. 287), закрытый сверху и снизу металлическими кругами m, n, и сообщаютъ верхній кругъ съ электризуемымъ кондукторомъ машины, а нижній — съ землею: тогда шарики начинаютъ безпрестанно притягиваться къ верхнему кругу и отталкиваться къ нижнему.

(**) Именно: къ металлической полоскѣ ab (фиг. 288) привѣшиваютъ три колокольчика, крайніе на цѣпочкахъ, а середній на шелковомъ снуркѣ; а между ими привѣшиваютъ мѣдные шарики на шелковыхъ ниткахъ. Полоску ab сообщаютъ съ кондукторомъ машины, а середній колокольчикъ съ землею: то, при электризованіи кондуктора, шарики безпрестанно притягиваются къ крайнимъ колокольчикамъ, потомъ отталкиваются къ середнему, и такимъ образомъ производятъ звонъ. Причина сего дѣйствія очевидна.

притягиваться къ кондуктору и тогда, когда онъ будетъ закрытъ стеклянньмъ колпакомъ и поднесенъ къ нему. 2) Вокругъ всей мешины примѣчается фосфорный запахъ. 3) Ежели приближать лицо къ кондуктору или стеклянному кругу, то кажется, будто паутина падаетъ на оное. 4) Ежели поднести руку близко къ кондуктору или подушкамъ, то выскакиваетъ изъ него длинная искра пурпуроваго цвѣта. Въ темнотѣ, весь кругъ машины кажется свѣтящимся. 5) Ежели приблизить къ кондуктору какой нибудь проводникъ уединенный, и сообщить ему электрическую искру, то онъ получитъ электричество кондуктора, т. е, наэлектризуется чрезъ сообщеніе.

При дальнѣйшемъ разсмотрѣніи мы всегда будемъ брать електричество изъ электрической машины.

Законы электрическихъ притяженій и отталкиваній.

423. Электрическія притяженія и отталкиванія, подобно планетному притяженію, дѣйствуютъ *въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.* Сей законъ природы во всей его чистотѣ обнаруженъ и доказанъ опытами извѣстнаго Франц. ученаго Куломба, кои онъ производилъ посредствомъ изобрѣтенныхъ имъ *крутительныхъ электрическихъ вѣсовъ* (balance de torsion).

Строеніе сего инструмента основывается на томъ, что всякая *упругая проволока*, при закручиваніи, *стремится раскручиваться съ силою пропорціональною углу закручиванія* (123). Чувствительность его столь велика, что имъ можно измѣрять силы, непревышающія даже вѣса одной десятитысячной доли грана.

Весь оный приборъ представленъ на фиг. 289, и состоитъ изъ широкаго стекляннаго цилиндра ABCD, коего верхняя крышка имѣетъ въ своемъ центрѣ круглое отверстіе. Надъ симъ отверстіемъ утверждается вертикальная стеклянная трубка, которой ось соупадаетъ съ осью цилиндра ABCD. Сія трубка имѣетъ сверху круглую мѣдную крышку, раздѣленную по окружности на 360°. Сквозь центръ ея проходитъ стержень *h*, на который надѣта снаружи стрѣлка *ac*, показывающая градусы верхняго круга; нижній конецъ стержня дѣлается въ видѣ щипчиковъ, коими онъ держитъ весьма тонкую латунную или серебряную проволоку *co*, удерживаемую въ вертикальномъ направленіи привѣшенною къ ней гирькою *p*, сквозь которую продѣвается горизонтальная стрѣлка *mn*. Стрѣлка сія имѣетъ видъ тонкаго прутика, и дѣлается изъ шелковой нитки намоченной въ сургучѣ или гуммилакѣ; она оканчивается съ одной стороны или бузиннымъ шарикомъ или кружкомъ фольги, а съ другаго конца имѣетъ противовѣсъ, и ставится противъ горизонтальнаго круга, начерченнаго на поверхности широкаго цилиндра, и раздѣленнаго на 360°. — Въ цилиндрѣ ABCD дѣлаются два круглыя широкія отверстія: одно сбоку противъ нуля дѣленія, а другое въ верхней его крышкѣ также противъ сего нуля дѣленія. Прежде употребленія сего прибора надлежитъ его установить такъ, чтобы вертикальная нить *co* соупадала съ осью цилиндра ABCD; поставить стрѣлку *ac* на нуль дѣленія; потомъ поворотить мѣдный кругъ *bk* такъ, чтобы нижняя стрѣлка *mn* стала также на нуль дѣленія нижняго круга. Теперь, чтобъ увѣриться въ *законъ электрическихъ отталкиваній*, наектризуемъ булавку

воткнутую въ сургучную палку, и прикоснемся ея головою x къ шарику n стрѣлки: тогда электричество, раздѣлившись между проводниками x и n, будетъ отталкивать стрѣлку mn дотолѣ, пока сила скручиванія нити co сдѣлается равна силѣ отталкивательной; сила сія будетъ пропорціональна дугѣ круга, описанной концемъ n стрѣлки. Мы приведемъ здѣсь слѣдующіе опыты Куломба, произведенные имъ 1785 года. Прикоснувшись наэлектризованною булавкою x къ шарику n, Куломбъ усмотрѣлъ, что стрѣлка оттолкнулась на 36°; слѣдственно въ семъ случаѣ сила отталкиванія, равная силѣ закручиванія нити, была пропорціональна 36. Послѣ сего онъ поворачивалъ стержень h съ его стрѣлкою ac въ сторону противную отталкиванію, т. е. скручивалъ нить co дотолѣ, пока она приблизила стрѣлку mn къ шарику x на 18°: въ семъ случаѣ стрѣлка ac описала 126°, кои, бывъ приложены къ 18°, даютъ число 144°, пропорціональное силѣ скручиванія или равной ей силѣ отталкиванія электрическаго, удерживающаго стрѣлку на разстояніи 18° отъ x. Въ третьемъ опытѣ, Куломбъ поворотилъ стрѣлку ac на 567°, и шарики n и x приблизились на разстояніе $8°\frac{1}{2}$: тогда сила отталкиванія сдѣлалась $= 567 + 8\frac{1}{2} = 575°\frac{1}{2}$.

	Разстоянія.	*Силы отталкиванія.*
Въ 1-мъ опытѣ	...36°	36
Во 2-мъ »	...18°	144
Въ 3-мъ »	... $8\frac{1}{2}$	$575\frac{1}{2}$

Изъ первыхъ двухъ опытовъ находимъ отношеніе между разстояніями $36 : 18 = 1 : \frac{1}{2}$;
а отношеніе между соотвѣтственными имъ отталкивательными силами

$$36 : 144 = 1 : 4.$$

А сіе и показываетъ, что *отталкивательная сила дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.*

424. Въ подтвержденіе того, что силы электрическихъ притяженій дѣйствуютъ по сему же закону, приведемъ слѣдующій опытъ Куломба. Для сего онъ повѣсилъ стрѣлку *mn* не на проволочкѣ, но на тонкой шелковинкѣ, которой сила скручиванія была почти вовся ничтожна. На концѣ *n* гуммилаковой стрѣлки *mn* (фиг. 290) прикрѣпилъ онъ маленькой вертикальный кружокъ изъ вызолоченной бумаги; стрѣлку *mn* поставилъ на нуль дѣленія, и на продолженіи стрѣлки *mn* поставилъ металлическій уединенный шаръ (въ 1 футъ въ діаметрѣ), принаровленный такъ, чтобы его центръ можно было поднимать и опускать, также приближать и удалять отъ *n*. Расположивъ приборъ такимъ образомъ, Куломбъ сообщилъ шару и кружку *n* разныхъ электричествъ, отвелъ стрѣлку *mn* на нѣсколько градусовъ отъ ея начальнаго положенія, и отпустилъ свободно : тогда она, повинуясь притяженію шара, начинала качаться, подобно тому, какъ маятникъ качается повинуясь притяженію земнаго шара. Считая качанія, Куломбъ замѣтилъ, что въ первомъ опытѣ стрѣлка, въ продолженіи 20″ времени, сдѣлала 15 качаній; слѣдовательно въ 1″ сдѣлала $\frac{15}{20} = \frac{3}{4}$ качанія.

Послѣ сего онъ отодвинулъ отъ стрѣлки шаръ на столько, чтобы между его центромъ и центромъ кружка *n* разстояніе сдѣлалось вдвое болѣе; отвелъ стрѣлку отъ нуля дѣленія на столько же градусовъ, какъ и въ первомъ опытѣ, и заставилъ качаться : тогда она

въ 40'' времени сдѣлала 15 качаній; слѣдственно въ 1'' сдѣлала $\frac{15}{40} = \frac{3}{8}$ качанія.

Но изъ теоріи маятника извѣстно, что ускорительныя силы пропорціональны квадратамъ чиселъ качаній (83,*b*): посему, назвавъ чрезъ f, f' силы электрическихъ притяженій въ первомъ и во второмъ опытѣ, имѣемъ

$$f : f' = \left(\frac{3}{4}\right)^2 : \left(\frac{3}{8}\right)^2 = 1 : \frac{1}{4}$$

разстоянія же были взяты какъ 1 : 2. Слѣдственно и *электрическія притяженія дѣйствуютъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.*

Посему, ежели назвать буквою F силу отталкиванія и притяженія на разстояніи единицы; то на разстояніи D оная сила сдѣлается $= \frac{F}{D^2}$.

425. Изображая чрезъ $\frac{F}{D^2}$ силу притяженія или отталкиванія на разстояніи D, мы получаемъ только вѣрное понятіе о величинѣ дѣйствія электричества на ономъ разстояніи: но сіе выраженіе не показываетъ еще въ какомъ содержаніи электричества двухъ тѣлъ содѣйствуютъ ко взаимному ихъ отталкиванію или притяженію, и въ какомъ содержаніи измѣняется сіе дѣйствіе, когда измѣняется количество электричества на томъ или другомъ тѣлѣ. Для рѣшенія сего вопроса надлежитъ измѣрять дѣйствіе двухъ тѣлъ на одномъ и томъ же разстояніи, отнимая у одного изъ нихъ опредѣленное количество электричества. Вотъ какъ поступилъ въ семъ случаѣ Куломбъ: сообщивъ шарикамъ *x*, *n*, крутительныхъ вѣсовъ (ф.289) одинакаго электри-

чества, онъ замѣтилъ, что стрѣлка *mn* оттолкнулась на 48° : тогда, скручивая нить привѣса въ противную сторону на 120°, онъ привелъ шарики *x*, *n*, на разстояніе 28°; слѣдственно въ семъ случаѣ сила скручиванія была = 120 + 28 = 148°.

Когда шарики *x*, *n*, остановились, то Куломбъ прикоснулся къ неподвижному шарику *x* другимъ шарикомъ того же рода, той же величины, уединенному такимъ же образомъ, и отнялъ прочь : очевидно, что тогда электричество шарика *x* раздѣлилось между двумя шариками, и на *x* осталось $\frac{1}{2}$ электричества. Отъ сего шарики *x*, *n* сблизились между собою: тогда Куломбъ, раскручивая нить *co*, довелъ шарики опять до разстоянія 28°; въ сіе время верхняя стрѣлка *ac* показывала только 44°; слѣдственно сила скручиванія или сила дѣйствія электричества была 44 + 28 = 72°. Прибавивъ къ сему потерю $\frac{1}{50}$ электричества въ 1 минуту въ продолженіи опыта, будетъ $72 + \frac{72}{50} = 73\frac{1}{2}$ почти 74°. Но $74 = \frac{148}{2}$: а это показываетъ, что *сила электрическаго отталкиванія востолько уменьшается, во сколько уменьшается электричество на одномъ изъ шариковъ*. Сей же опытъ повторенъ былъ Куломбомъ нѣсколько разъ надъ шариками, кружками и проч.; и всѣ сіи опыты привели къ томуже заключенію (*).

(*) Въ одномъ изъ опытовъ Куломбъ, вмѣсто неподвижнаго шарика *x*, взялъ желѣзный кружокъ въ 10 линій въ діаметрѣ; а на стрѣлкѣ *mn* тотъ же бузинный шарикъ. Сообщивъ имъ также одинакаго электричества, и поворотивъ стрѣлку *ac* на 110°, онъ привелъ кружокъ *x* и шарикъ *n* на разстояніе 30°: тогда сила отталкиванія получилась = 140°. Послѣ сего онъ прикоснулся къ кружку *x*

А изъ сего слѣдуетъ, что ежели назвать чрезъ E, E′, постоянныя величины, пропорціональныя количествамъ электричествъ того и другаго шарика; то ихъ взаимное дѣйствіе изобразится чрезъ $\frac{F}{D^2} = \frac{E.E'}{D^2}$, и слѣдственно $F = E . F'$.

426. Изъ сихъ опытовъ открыто замѣчательное слѣдствіе, что равенство раздѣленія электричества между двумя прикасающимися тѣлами равной формы, и равнаго объема вовся не зависитъ отъ ихъ природы. Бузинный шарикъ *x* теряетъ половину своего электричества, прикоснуться ли къ нему такимъ же бузиннымъ шарикомъ, или такого же діаметра шарикомъ мѣднымъ.

О потерѣ электричества отъ вліянія воздуха и подставокъ несовершенно уединяющихъ.

427. Всякое наэлектризованное уединенное тѣло, находясь въ соприкосновеніи съ воздухомъ, теряетъ мало по малу свое электричество въ довольно короткое время. Сія потеря электричества произходитъ отъ того: 1) Что нѣтъ ни одного тѣла, совершенно уединяющаго; отъ сего электричество болѣе или менѣе медленно распространяется по уединительнымъ подпорамъ, и постепенно теряется, ежели онѣ коротки. 2) Влага, всегда нахо-

---

другимъ точно такимъ же кружкомъ, и отнялъ прочь: то стрѣлка приблизилась къ *x*; и, чтобы довесть оную опять до разстоянія 30°, онъ долженъ былъ раскрутить нить со дотолѣ, пока стрѣлка *ac* стала на 40°. Въ семъ случаѣ сила отталкиванія сдѣлалась $= 30 + 40 = 70$, и $= \frac{140}{2}$.

дящаяся въ воздухѣ, садится на уединительныя подпоры, и дѣлаетъ ихъ болѣе проводящими. 3) Электричество сообщается и самымъ частицамъ окружающаго воздуха: ибо даже и въ осушенномъ воздухѣ тѣла мало помалу теряютъ оное. Присутствіе паровъ въ воздухѣ весьма увеличиваетъ его проводящую способность, и не рѣдко до такой степени, что лучшія электрическія машины перестаютъ дѣйствовать.

При точныхъ изслѣдываніяхъ нужно бываетъ знать, какъ велика происходитъ потеря электричества, въ продолженіи даннаго времени, какъ отъ вліянія воздуха, такъ и отъ подставокъ не совершенно уединяющихъ. Такъ какъ оба сіи обстоятельства дѣйствуютъ вмѣстѣ на электричество тѣлъ, то, чтобы судить о каждомъ въ отдѣльности, должно напередъ сдѣлать потерю электричества независимою отъ проводящей способности подставокъ.

428. *Потеря отъ дѣйствія воздуха.* — Куломбъ, коему обязаны мы изслѣдываніями сего рода, узналъ изъ многихъ опытовъ, что тоненькая палочка сургуча или гуммилака въ $\frac{1}{2}$ линіи въ діаметрѣ и въ 18 или 20 линіи длиною почти всегда достаточна для *совершеннаго уединенія* бузиннаго шарика отъ 5 до 6 линій въ діаметрѣ, ежели онъ слабо наэлектризованъ. Тонкая шелковая ниточка, омоченная въ растопленномъ сургучѣ, имѣющая видъ прутика толщиною въ $\frac{1}{4}$ линіи, столь же хорошо уединяетъ, если имѣетъ длину отъ 5 до 6 дюймовъ. Стеклянная ниточка въ 5 или 6 дюймовъ длиною можетъ уединять тотъ же шарикъ только въ сухіе дни, и притомъ когда на шарикѣ находится весьма слабое электричество.

Взявъ за основаніе сіи предварительныя наблюденія,

Куломбъ приклеилъ неподвижный бузинный шарикъ x крутительныхъ вѣсовъ къ концу шелковой ниточки, омоченной въ сургучѣ, и оканчивающейся ниточкою гуммилака въ 18 или 20 линій длиною, такъ что уединеніе сего шарика можно было счесть совершеннымъ. Подвижный шарикъ n также былъ совершенно уединенъ на тонкомъ гуммилаковомъ прутикѣ nm. Діаметры шариковъ были равны. — Слѣдующій опытъ показываетъ, какимъ об. Куломбъ судилъ о потерѣ электричества отъ вліянія воздуха: въ одномъ изъ своихъ опытовъ онъ сообщилъ электричества шарикамъ x, n; отъ чего они оттолкнулись на 40°; послѣ чего онъ скручивалъ нить co вѣсовъ въ противную сторону, и приблизилъ шарики на 20°; тогда стрѣлка ac описала 140°; и съ сего мгновенія онъ начиналъ считать время. Шарики, теряя электричество отъ соприкосновенія съ воздухомъ, начали сближаться, и чрезъ 3 минуты времени надлежало разкрутить co на 30°, чтобы удержать ихъ на томъ же разстояніи 20°. Изъ сего видно что сила электричества въ началѣ опыта была $= 14 + 20 = 160°$, а въ концѣ 3 минутъ она сдѣлалась $110 + 20 = 130°$; слѣдственно въ 3 минуты она уменьшилась на 30°, или на 10° въ 1′. Въ продолженіе сего времени среднее напряженіе электричества было $\frac{160+130}{2} = 145°$; а изъ сего видно, что потеря электричества отъ прикосновенія къ воздуху въ каждую минуту была $= \frac{10}{145} = \frac{1}{14,5}$ употребленнаго электричества. Производя таковые опыты, Куломбъ открылъ: 1) что, при одномъ и томъ же состояніи воздуха, потерянное электричество въ каждую минуту, ко всему употребленно-

му электричеству въ сіе время имѣетъ постоянное отношеніе. То есть, ежели въ минуту времени тѣло потеряло $\frac{1}{40}$ часть своего электричества, то въ слѣдующую минуту оно теряетъ $\frac{1}{40}$ же долю оставшагося на немъ электричества, и т. д. 2) Потеря электричества увеличивается съ увеличеніемъ степени влажности воздуха. Въ сухую погоду сія потеря бываетъ около $\frac{1}{60}$ въ минуту; а въ весьма сырую погоду она простирается до $\frac{1}{10}$. 3) При одной и той же степени влажности воздуха потеря электричества не зависитъ отъ величины, формы и природы тѣлъ, когда на нихъ находится довольно слабое электричество.

429. *Потеря отъ вліянія подставокъ.* — Для опредѣленія потери электричества отъ вліянія уединяющихъ тѣлъ, Куломбъ повѣсилъ неподвижный шарикъ x (фиг. 289) уже не на гуммилаковой палочкѣ, которая совершенно уединяетъ, но на шелковой ниточкѣ, длиною въ 15 дюймовъ; и опредѣляя сію потерю также какъ и въ предъидущихъ опытахъ, онъ нашелъ, что уменьшеніе электричества сначала происходитъ болѣе нежели отъ одного прикосновенія съ воздухомъ, и потомъ становится постепенно слабѣе; такъ что, чрезъ нѣсколько минутъ шарикъ начинаетъ терять столько же электричества, сколько онаго теряетъ бывъ совершенно уединенъ на гуммилаковомъ прутикѣ. Слѣдственно, послѣ сего времени, шелковинка въ 15 дюймовъ длиною начинаетъ уединять совершенно, и оное свойство сохраняетъ при всѣхъ слабѣйшихъ степеняхъ электричества.

Количество электричества, которое шелковая нить, или волосокъ или иное тонкое цилиндрическое и мало проводящее тѣло начинаетъ уединять, пропорціональ-

по корню квадратному изъ его длины, ежели состояніе воздуха не измѣняется. На прим. если шелковая нить, длиною въ 1 футъ, начинаетъ уединять тѣло, коего сила электричества $= f$; то для уединенія сего же тѣла, когда сила его электричества будетъ $2f$, потребна нить въ 4 фута.

О расположеніи электричества на поверхности тѣлъ во время его равновѣсія.

430. Опыты показываютъ, что *электричество, сообщаемое уединенному проводнику, распространяется только по его поверхности.* Въ семъ законѣ можно убѣдиться многими опытами: 1) ежели взять пустой металлическій шаръ или цилиндръ, уединенный на стеклянной подставкѣ, сдѣлать въ немъ широкое отверстіе, и сообщить ему электричества отъ кондуктора электрической машины; потомъ внести внутрь сего шара мѣдный или оловянный кружокъ, налѣпленный на концѣ длинной гуммилаковой палочки, и, вынувъ осторожно (не прикасаясь къ краямъ отверстія), поднести сей кружокъ къ электроскопу; то на немъ не окажется и слѣдовъ электричества. Но если онымъ пробнымъ кружкомъ коснуться къ наружной поверхности шара, и поднести къ простому электроскопу, то его бузинный шарикъ будетъ притягиваться. Также, если сообщить электричества внутрь шара изъ электрической машины, то оно все выступитъ на его поверхность. Отъ сего-то произходитъ, что два металлическихъ шара одинакихъ діаметровъ, одинъ сплошной наэлектризованный, а другой пустой не наэлектризованный, прикасаясь одинъ къ другому, получаютъ по ровну электричества; ибо оно раздѣляется по рав-

нымъ поверхностямъ. Отъ сего же кондукторамъ даютъ видъ пустыхъ цилиндровъ; ибо ихъ масса не можетъ имѣть ни какого вліянія на количество ихъ электричества.

431. *Электричество, распространяющееся по поверхности проводниковъ, удерживается на нихъ только давленіемъ внѣшняго воздуха и его непроводящею способностію.* Въ самомъ дѣлѣ, ежели поставить стеклянный цилиндръ на тарелку воздушнаго насоса, закрыть плотно его верхнее отверстіе мѣдною крышкою, и сообщить оной нѣсколько электричества изъ электрической машины: то сія крышка, будучи уединена, долго удерживаетъ оное на своей поверхности. Но если изъ внутри цилиндра будемъ вытягивать воздухъ, то крышка тотчасъ будетъ терять электричество, сколько бы онаго ей ни сообщали. А чтобы видѣть, куда дѣвается оное, произведемъ сей опытъ въ темнотѣ; тогда увидимъ прекрасное явленіе: все сообщаемое крышкѣ электричество, не находя себѣ сопротивленія отъ воздуха, будетъ весьма быстро перебѣгать на тарелку воздушнаго насоса въ видѣ пурпуроваго пламени. Сей опытъ открываетъ намъ, что однородное электричество имѣетъ видъ весьма тонкаго начала, одареннаго въ частяхъ своихъ отталкивательною силою; по дѣйствію оной силы все электричество, сообщаемое внутрь проводниковъ, выступаетъ на ихъ поверхность, и разсѣялось бы въ свободномъ пространствѣ, если бы его отталкивательная сила не уравновѣшивалась давленіемъ внѣшняго воздуха.

432. Замѣтимъ здѣсь, что всякой наэлектризованный непроводникъ медленнѣе теряетъ свое электричество

какъ въ обыкновенномъ воздухѣ такъ и въ пустотѣ. А сіе показываетъ, что на поверхности не проводниковъ электричество удерживается и присутствіемъ воздуха и какою-то задерживающею силою оныхъ тѣлъ, которая не позволяетъ ему свободно отдѣляться отъ ихъ поверхности.

433. Сила, съ каковою частички свободнаго электричества взаимно отталкиваются, и съ которою онѣ производятъ давленіе на воздухъ, называется *электрическимъ напряженіемъ* (tension). Сіе давленіе прямо пропорціонально количеству частицъ электричества при какой ни есть точкѣ тѣла, и ихъ отталкивательной силѣ; а какъ каждый изъ силъ элементовъ пропорціоналенъ другому, то слѣдуетъ, что *давленіе, производимое на воздухъ, пропорціонально квадрату количества электричества.* Начало сіе выведено. Пуасономъ, который изслѣдывалъ теорію электричества посредствомъ математическаго анализа (См Mémoires de la Classe des Science mathématiques et physiques de l'Institut, année 1811, 1—re partie).

434. Одно и тоже количество электричества оказываетъ тѣмъ меньшее напряженіе, чѣмъ оно по большей поверхности бываетъ распространено, и обратно. На прим. ежели проводникъ уединенный и наэлектризованный состоитъ изъ двухъ цилиндровъ, вдвигающихся одинъ въ другой; то раздвигая сіи цилиндры замѣтимъ тотчасъ постепенное ослабленіе на нихъ электричества; а вдвигая одинъ въ другой замѣтимъ постепенное увеличеніе отталкивательной силы того же количества электричества. Въ семъ послѣднемъ случаѣ можно безъ различія допускать, что либо толстота

слоя электрическаго увеличивается, либо увеличивается его плотность, а толстота остается постоянною.

435. *Электричество, сообщаемое уединенным проводникам, различно распредъляется по их поверхности, смотря по ея формъ.* На шаровой поверхности электричество вездъ распространяется въ одинаком количествъ; но на цилиндрахъ, эллипсоидахъ, длинныхъ полосахъ, и проч. сообщенное электричество въ большемъ количествъ оказывается на концахъ, нежели въ срединъ. Сила электричества каждой точки поверхности увеличивается или уменьшается въ такомъ содержании, въ какомъ цълое количество электричества, распространенное по всей поверхности. То есть, что ежели на какой нибудь точкъ поверхности сила электричества будетъ вдвое болъе, нежели на другой ея точкъ: то наэлектризовавъ оное тъло болъе, силы электричества оныхъ точекъ будутъ всегда въ отношеніи 2 къ 1 (*).

(*) Для сужденія объ относительномъ количествъ электричества различныхъ точекъ поверхности тъла, *Куломбъ* употреблялъ *крутительные въсы* (фиг. 289), и пробный металлическій кружокъ, налепленный на гуммилаковой палочкъ, слъдующимъ образомъ:

Прикоснувшись оным кружкомъ къ наэлектризованному проводнику, надлежитъ поднести его къ подвижному шарику *n* крутительныхъ въсовъ, сообщивъ напередъ сему последнему нъкоторое количество E того же рода электричества. Тогда, между ими произойдетъ отталкиваніе равное $\frac{EE'}{D^2}$; гдъ E' есть зарядъ или количество электричества пробнаго кружка. Потомъ, прикоснувшись онымъ кружкомъ къ другой точкъ проводника, и внеся его

Сіе неединообразное распредѣленіе свободнаго электричества по поверхности одного и того же проводника, зависитъ отъ отталкивательной силы между частичками сего электричества; а оная сила зависитъ отъ количества электричества, и разстоянія, на которомъ ея дѣйствіе обнаруживается. Равновѣсіе электричества можетъ произойти только тогда, когда между всѣми его частицами на поверхности тѣла по всюду будутъ равныя отталкиванія. На шарѣ каждыя двѣ точки діаметрально противоположныя имѣютъ вездѣ равныя разстоянія; а потому, чтобъ электрическія отталкиванія между ними были равны, и нужно, чтобы на сихъ точкахъ находились равныя количества электричества. Но ежели такой шаръ превратится въ эллипсоидъ ABCD (фиг. 291); то всѣ точки его поверхности будутъ отъ воздуха терпѣть одинакія давленія: но равновѣсіе между отталкивательными силами электричества нарушится. Точки C, D, лежащія на концахъ малаго діаметра начнутъ сильнѣе отталкиваться, а точки A и B — слабѣе; и чтобы равновѣсіе произошло, нужно, чтобъ количество электричества при C и D сдѣлалось менѣе, а при полюсахъ A и B болѣе.

въ Куломбовы вѣсы, найдется, на томъ же разстояніи D, сила отталкиванія $\frac{EE''}{D^2}$; гдѣ E'' есть зарядъ кружка. Пусть m, m' суть силы скручиванія нити *co*, уравновѣшиваемыя силами $\frac{EE'}{D^2}$, $\frac{EE''}{D^2}$; то будетъ $E':E''=m:m'$. Отношеніе $m : m'$ и показываетъ, во сколько разъ E' больше E''.

436. Изъ сего также видно, что чѣмъ будетъ длиннѣе становиться сей эллипсоидъ, и чѣмъ будутъ острѣе его полюсы, тѣмъ болѣе на нихъ будетъ накопляться электричества; такъ что, ежели сіи полюсы сдѣлаются остріями, то электричество на нихъ сгустится до такой степени, что отталкивательная сила его преодолѣетъ давленіе воздуха, и оно будетъ стекать и разсѣяваться въ воздухѣ. И дѣйствительно ежели на кондукторъ электрической машины поставить металлическое остріе, то онъ весьма скоро теряетъ свое электричество, сколько бы мы его ни электризовали: въ сіе время изъ острія слышенъ бываетъ дующій вѣтерокъ; а во время ночи, электричество исходитъ изъ него въ видѣ свѣтящейся кисточки. Если же такое остріе поставишь на подушкѣ машины, то и тамъ замѣчается изъ него дующій вѣтерокъ; только во время ночи вмѣсто свѣтлой кисточки на остріѣ показывается свѣтлая точка: но и въ семъ случаѣ электричество будетъ течь въ видѣ свѣтящейся кисточки, ежели надъ остріемъ будетъ разрѣженъ нѣсколько воздухъ. А это показываетъ, что отрицательное электричество болѣе встрѣчаетъ сопротивленія отъ воздуха, нежели положительное. Вотъ почему кондукторы электрическихъ машинъ обдѣлываются такъ, чтобы на нихъ не было ни острыхъ реберъ, ни угловъ.

437. Но если электричество, находящееся на какомъ нибудь проводникѣ, стремясь удалиться отъ его поверхности, дѣйствительно производитъ давленіе на воздухъ; то оно, стекая свободно посредствомъ острія на немъ утвержденнаго, необходимо должно сообщать сему проводнику движеніе въ противную сторону истеченію,

такъ какъ сіе происходитъ при вытеканіи жидкости изъ сосуда посредствомъ отверстія (273). И сіе заключеніе со всею точностію подтверждается посредствомъ такъ называемаго *электрическаго колеса* (фиг. 292), которое состоитъ изъ нѣсколькихъ металлическихъ проволокъ разходящихся въ одной плоскости изъ одной металлической шляпки, и оканчивающихся остріями, загнутыми въ одну сторону. Ежели на кондукторъ электрической машины поставить металлическое остріе, а на оное повѣсить сіе колесо; то, при электризованіи кондуктора, оно будетъ безпрестанно и быстро обращаться въ сторону, противную остріямъ. Изъ сего движенія заключили, что скорость теченія электричества должна быть чрезмѣрно велика: ибо сила онаго движенія должна зависѣть отъ произведенія массы на скорость; а какъ масса электричества безконечно мала, то нужно, чтобы сія скорость была безконечно велика, дабы движущая сила сдѣлалась достаточною для произведенія опредѣленнаго движенія.

438. Распредѣленіе электричества между двумя прикасающимися проводниками зависитъ отъ ихъ формы и величины; но не зависитъ отъ ихъ природы. Между двумя прикасающимися шарами одинакаго діаметра электричество распредѣляется въ равномъ количествѣ. Но ежели поверхности шаровъ не равны, то они, во время ихъ соприкосновенія, получаютъ различныя количества электричества, только не совершенно пропорціональныя ихъ поверхностямъ. *Куломбъ*, производя многіе опыты посредствомъ своихъ вѣсовъ, нашелъ, что когда поверхности шаровъ относились какъ 1 къ

15, то количества ихъ электричества относились какъ 1 къ 11. Когда поверхности двухъ шаровъ были какъ 1 къ 2300, то ихъ электричества относились какъ 1 къ 1150, или какъ 2 : 2300.

Куломбъ старался опредѣлить законъ распредѣленія электричества по разнымъ точкамъ поверхности прикасающихся тѣлъ, и показалъ, что когда *два шара, наэлектризованные одинакимъ образомъ*, прикасаются; то въ точкѣ ихъ прикосновенія сила электрическаго отталкиванія бываетъ равна нулю, и потомъ постепенно увеличивается до точекъ діаметрально противоположныхъ, при коихъ сила электричества оказывается *наибольшею*.

Ежели привесть въ соприкосновеніе нѣсколько равныхъ наэлектризованныхъ шаровъ; то окажется наибольшая сила электричества на обоихъ концахъ сего ряда: что начиная отъ сихъ концовъ къ серединѣ электричество весьма быстро ослабѣваетъ; что каждые два шара, равно отстоящіе отъ концовъ, имѣютъ равныя количества электричества (Acad. des Sciences, 1788).

Возбужденіе электричества въ тѣлахъ вліяніемъ приближаемыхъ къ нимъ наэлектризованныхъ тѣлъ.

439. Ничто не даетъ намъ столь близкаго понятія о природѣ электричества, какъ возбужденіе оныхъ въ тѣлахъ вліяніемъ другихъ наэлектризованныхъ тѣлъ.

Чтобы видѣть сіе дѣйствіе, возмемъ уединенный цилиндрическій проводникъ B (фиг. 293), котораго бы концы были округлены въ видѣ полушаровъ, и на которомъ бы въ различныхъ мѣстахъ по длинѣ его были привѣшены на льняныхъ ниточкахъ бузинные шарики, прикасающіеся одинъ къ другому по парно. Поднесемъ къ нему уединенное наэлектризованное тѣло A, и поставимъ на такомъ разстояніи, чтобы его электричество не могло сообщаться проводнику B; то откроются слѣдующія явленія:

1) Шарики цилиндра B разходятся; и показываютъ, что сей проводникъ наэлектризованъ.

2) Сіе ихъ разхожденіе бываетъ самое большее при концахъ V, R, и ослабѣваетъ постепенно къ серединѣ; такъ что находится точка, при коей разхожденія во все не замѣчается.

3) Точка, при коей неоказывается эсектричества, измѣняетъ свое мѣсто на цилиндрѣ съ приближеніемъ и удаленіемъ тѣла A.

4) Ежели подносить къ разнымъ точкамъ цилиндра простой электроскопъ, то его бузинный шарикъ вездѣ будетъ притягиваться, исключая упомянутой средней точки.

5) Испытывая родъ электричества, окажется, что концы цилиндра имѣютъ на себѣ разныя электричества, именно: на концѣ ближайшемъ къ тѣлу A, всегда находится электричество разнородное съ электричествомъ онаго тѣла, а на концѣ отдаленномъ — электричество одинакое съ электричествомъ тѣла A.

6) Признаки электричества исчезают, ежели удалимъ цилиндръ отъ тѣла А на значительное разстояніе: но они снова появляются всякой разъ, когда будемъ опять цилиндръ приближать къ тѣлу А.

7) Въ сіе время отъ тѣла А ни сколько не сообщается электричества проводнику В; потому что на немъ до и послѣ опыта остается тоже количество электричества, за исключеніемъ потери онаго отъ прикосновенія къ воздуху, и отъ уединяющей подпоры.

8) Ежели прикоснуться рукою къ концу V цилиндра В, то шарики онаго конца сблизятся между собою до соприкосновенія; а шарики конца R разойдутся болѣе прежняго. Тогда, если отодвинуть цилиндръ В, то на немъ будетъ оставаться свободное электричество, которое находилось на концѣ R. И обратно: еслибы мы прикоснулись къ R, то шарики онаго конца сблизятся, а на концѣ V болѣе оттолкнутся; и тогда цилиндръ В будетъ имѣть только электричество конца V.

Всѣ сіи явленія происходятъ подобнымъ образомъ, каковъ бы ни былъ проводникъ В, и каково бы ни было тѣло А. А какъ проводнику В не сообщается ни сколько электричества отъ тѣла А, то явствуетъ, что два электрическія начала существуютъ во всѣхъ проводникахъ (и даже во всѣхъ тѣлахъ) въ такомъ содержаніи, что онѣ взаимно другъ друга уравновѣшиваютъ. Тѣло бываетъ въ *естественномъ состояніи*, когда оба его электричества находятся въ семъ неутральномъ соединеніи. Наконецъ, поелику вліяніемъ наэлектризованнаго тѣла А электричества сіи располагают-

ся на проводникѣ такъ, что разнородныя получаются на ближайшемъ, а однородныя — на отдаленнѣйшемъ разстояніи; то и предполагаютъ, что *разнородныя электрическія начала притягиваются, а однородныя отталкиваются въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній.* Вотъ основаніе *Симмеровой* теоріи электричества, по коей теперь изъясняются всѣ электрическія явленія (*).

440. И такъ, когда тѣло A, наэлектризованное положительно, подносится къ проводнику B; то его + E

(*) Знаменитый *Франклинъ,* коему Физика обязана многими изслѣдываніями и открытіями въ теоріи электричества, для изъясненія всѣхъ электрическихъ явленій принялъ существованіе одной электрической жидкости, чрезвычайно тонкой, распространенной во всѣхъ тѣлахъ, которой частички взаимно отталкиваются, но притягиваются съ большею или меньшею силою къ частицамъ вѣсомыхъ тѣлъ. Когда сія жидкость находится въ тѣлахъ въ равновѣсіи, то не производитъ ни какихъ явленій. Но ежели въ какомъ нибудь тѣлѣ она сдѣлается въ *избыткѣ* или *недостаткѣ* противъ того, сколько оно въ себѣ содержать можетъ; то, стремясь прійтти къ равновѣсію между тѣлами, производитъ электрическія явленія. Въ сей теоріи тѣло называется наэлектризованнымъ положительно, когда у него находится электричество въ избыткѣ или + E; и называется отрицательно наэлектризованнымъ, когда у него находится электричество въ недостаткѣ, или — E. Сія теорія вначалѣ имѣла величайшій успѣхъ; но теперь оставлена, потому что не изъясняетъ съ достаточною естественностію нѣкоторыхъ явленій, напр. теченія электричества положительнаго и отрицательнаго изъ остріевъ.

дѣйствуя на естественныя электричества сего проводника, разлагаетъ оныя: на ближайшій конецъ притягиваетъ — E, а отталкиваетъ — E на отдаленный конецъ.

Все пространство внѣ тѣла A, на которомъ оно можетъ имѣть вліяніе на естественныя электричества другихъ тѣлъ, называется *сферою дѣйствія*.

441. Положительное электричество конца V, дѣйствуя на + E тѣла A, ослабляетъ нѣсколько его силу по сему, когда сила его сдѣлана будетъ ничтожною, чрезъ сообщеніе съ землею; то электричество тѣла A, дѣйствуя свободнѣе на тѣло B, привлечетъ на конецъ R большее количество — E. — Сіе дѣйствіе можно произвести и другимъ образомъ: ежели на концѣ R проводника B утвердить металлическое остріе; то, подъ вліяніемъ положительнаго электричества тѣла A, положительное электричество проводника B разсѣется въ воздухѣ посредствомъ сего острія: и тогда останется на немъ одно — E. Если же остріе находится на концѣ R, то проводникъ B будетъ сообщать свое — E тѣлу A. Отъ сего на немъ послѣ опыта останется одно + E; а на тѣлѣ A сила электричества сдѣлается слабѣе. — Но ежели въ сіе время конецъ V будетъ сообщенъ съ землею; то естественное электричество проводника B будетъ разлагаться продолжительнѣе. Его + E будетъ передаваться въ землю, а — E будетъ стекать на тѣло A до толѣ, пока соединится почти со всемъ его положительнымъ электричествомъ. Такимъ-то образомъ металлическое остріе, поднесенное къ наэлектризованному кондуктору, разряжаетъ оный постепенно, не производя искры. Только въ темнотѣ, въ сіе время изъ кондуктора замѣча-

ется изходяшая свѣтлая кисть, а на острiѣ примѣтна свѣтящаяся точка (иногда и свѣтящаяся кисточка).

442. Когда тѣло А есть само проводникомъ электричества, и наэлектризовано положительно; то оно, дѣйствуя на проводникъ В, получаетъ нѣкоторое измѣненiе въ своемъ свободномъ электричествѣ. Именно: его + Е, привлекаясь кѣ — Е конца R, накопляется въ большемъ количествѣ на половинѣ ближайшей къ R, а на половинѣ противолежащей уменьшается; въ семъ увѣриться можно, прикасаясь къ его поверхности пробнымъ кружкомъ, и внося оный въ Куломбовы вѣсы.

Чѣмъ ближе поставленъ будетъ проводникъ В къ проводнику А, тѣмъ болѣе окажется электричества на ихъ ближайшихъ частяхъ. При большемъ сближенiи проводниковъ, электричества сiи накопляются до такой степени, что преодолѣваютъ давленiе воздуха ихъ раздѣляющаго, и прорываясь сквозь оный, соединяются между собою. При семъ является свѣтъ въ видѣ искры, который происходитъ вѣроятно отъ быстраго сотрясенiя свѣтороднаго эѳира, находящагося между частицами воздуха.

443. Наибольшее разстоянiе, на коемъ появляется искра при соединенiи двухъ электричествъ, называется *разстоянiемъ разряда* (distance explosive). Сiе разстоянiе бываетъ различно, и зависитъ отъ силы электричества тѣла А, отъ проводящей способности тѣлъ А и В, отъ ихъ формы и качества непроводника ихъ раздѣляющаго. 1) Ежели къ тѣлу А подносить два тѣла одинакой формы, но различной проводящей способности, удерживая на одинакомъ отъ него разстоянiи; то электричество тѣла А всегда устремляется на лучшiй

проводникъ; потому что въ немъ естественное электричество разлагается свободнѣе, и менѣе задерживается частицами сего тѣла. 2) Ежели оба поднесенныя тѣла однородны, но имѣютъ различныя формы, то электричество устремляется на ту часть проводника, на которой скопляется болѣе электричества. 3) Ежели между проводниками A и B поставить листъ сухаго стекла, то ихъ можно приблизить одинъ къ другому на гораздо меньшее разстояніе, не получая искры: отъ сего вліяніе тѣла A на B не будетъ уничтожено; и даже можно замѣтить, что, при уменьшеніи разстоянія, количество его будетъ увеличиваться на ближайшихъ частяхъ оныхъ тѣлъ.

444. Ежели къ наэлектризованному тѣлу A (фиг. 294) поднести рядъ уединенныхъ проводниковъ B, C, D, отдѣляемыхъ одинъ отъ другаго небольшими промежутками; то электричества разложатся во всѣхъ оныхъ проводникахъ: только, по причинѣ разстоянія, сила его на C будетъ слабѣе нежели на B, а на D слабѣе нежели на C, и т. д. На всѣхъ оныхъ тѣлахъ сила электричества увеличится, ежели конецъ v'' будетъ сообщенъ съ землею; еще болѣе будетъ скопляться электричества на концахъ r, v, r', v', r'', v'', ежели станемъ тѣло A приближать къ B. Когда между A и B произойдетъ искра, и ослабнетъ до нуля электричество конца v, то въ тоже мгновеніе сила электричествъ еще болѣе увеличится на v, r', v', r'', и нетрудно себѣ представить, какимъ образомъ могутъ произойти искры между всѣми оными проводниками въ одно время.

На семъ-то дѣйствіи основывается устроеніе *электрическихъ иллюминацій.* Для сего налепляютъ на

стеклѣ рядъ оловянныхъ кружковъ или малыхъ квадратовъ BCDE (фиг. 295), имѣющихъ между собою весьма малые промежутки; конецъ E сообщаютъ съ землею, а концу B сообщаютъ электрическія искры изъ кондуктора электрической машины. Въ сіе время являются искры между всѣми кружками, кои въ совокупности представляютъ видъ свѣтящейся линіи. Опыты сіи надлежитъ производить въ темной комнатѣ.

445. *Изъясненіе притяженій и отталкиваній наэлектризованныхъ тѣлъ.* — Два наэлектризованныя тѣла могутъ быть: 1) оба худыми проводниками электричества, 2) оба хорошими проводниками, и 3) одно хорошимъ а другое худымъ проводникамъ онаго.

a) Ежели тѣла A и B (фиг. 296) суть худые проводники и оба разнородно наэлектризованы; то электричества ихъ, бывъ задерживаемы непроводящею способностію оныхъ тѣлъ, и притягиваясь между собою, увлекаютъ сіи тѣла одно къ другому; отъ чего онѣ и кажутся притягивающимися. Подобнымъ же образомъ изъясняется и отталкиваніе худыхъ проводниковъ, разнородно наэлектризованныхъ.

b) Ежели оба тѣла A и B суть хорошіе проводники, и разнородно наэлектризованы; то въ семъ случаѣ притяженіе происходитъ еще сильнѣе, хотя ихъ свободныя электричества и не находятся въ связи съ частицами оныхъ тѣлъ. Сіе притяженіе производится слѣдующими силами: когда тѣла приближаются одно къ другому, то ихъ разнородныя электричества, притягиваясь между собою, соберутся въ наибольшемъ количествѣ на ближайшихъ частяхъ *n* и *p*; онѣ, стремясь между собою соединиться, будутъ дѣйствовать

на воздухъ; отъ чего давленіе воздуха на сіи тѣла при точкахъ *n* и *p* сдѣлается менѣе, нежели при *m* и *q*. Сіе-то большее давленіе воздуха и заставитъ оныя тѣла приближаться одно къ другому.

Ежели проводники А и В имѣютъ на себѣ одинакія электричества; то сіи электричества, отталкиваясь между собою, отдалятся отъ ближайшихъ частей *n* и *p*, и соберутся на частяхъ отдаленнѣйшихъ *m* и *q*, и, дѣйствуя на воздухъ, уменьшатъ его давленіе на сіи послѣднія точки. Отъ сего тѣла и начнутъ двигаться въ сторону меньшаго давленія, и казаться отталкивающимися.

c) Зная предъидущее не трудно себѣ представить, какимъ образомъ два тѣла, одно хорошій, а другой худой проводникъ, могутъ между собою притягиваться или отталкиваться.

d) Легко также изъяснить, какимъ образомъ весьма малыя проводящія тѣла притягиваются къ тѣламъ наэлектризованнымъ, и потомъ отталкиваются. Положимъ, что бузинный шарикъ поднесенъ къ тѣлу А (фиг. 297) наэлектризованному положительно: тогда вліяніемъ сего тѣла разложатся въ ономъ шарикѣ естественныя электричества; его — Е притянется на ближайшую половину, а + Е оттолкнется на половину отдаленнѣйшую. Разнородныя электричества тѣла А и бузиннаго шарика, находящіяся на меньшемъ разстояніи нежели ихъ электричества однородныя, притягиваясь между собою, заставятъ оный шарикъ приблизиться къ тѣлу А. Когда шарикъ прикоснется къ оному тѣлу, то его — Е соединится съ такимъ же количествомъ + Е сего тѣла: отъ чего на обоихъ

тѣлахъ остается одно $+E$, и слѣдственно бузинный шарикъ начнетъ отталкиваться (b).

Ежели поднесенный шарикъ будетъ худымъ проводникомъ, то онъ, притянувшись къ тѣлу A, останется съ нимъ въ соприкосновеніи : потому что соединеніе разнородныхъ электричествъ произходитъ въ семъ случаѣ весьма медленно.

446. *Изъясненіе дѣйствія электрической машины.* — Когда стеклянный кругъ машины трется о подушки, то оба сіи тѣла приводятся въ два противныя электрическія состоянія: но только въ подушкахъ, какъ въ хорошемъ проводникѣ, дѣйствительно разлагаются естественныя электричества ; положительное ихъ электричество разливается по поверхности стекла, а отрицательное остается въ подушкахъ. Положительное электричество стекла вліяніемъ своимъ разлагаетъ естественныя электричества въ кондукторѣ ; притягиваетъ на ближайшій конецъ $-E$, которое посредствомъ остріевъ вилки, обнимающей кругъ, и переходитъ на стекло, а $+E$ остается на кондукторѣ. Процессъ сей повторяется при каждомъ поворотѣ круга : отъ сего на подушкахъ остается болѣе $-E$, а на кондукторѣ скопляется болѣе $+E$. Но сіе дѣйствіе скоро достигаетъ своего предѣла : ибо $-E$, накопляющееся на подушкахъ можетъ получить такую силу, что не будетъ позволять положительному электричеству переходить на стекло, и будетъ препятствовать свободно разлагаться электричествамъ въ кондукторѣ. Посему-то, чтобы сильно наэлектризовать кондукторъ, надлежитъ подушки сообщать съ землею посредствомъ цѣпи : тогда электричество, теряемое подушками, будетъ безпрестанно вознаграж-

даться положительнымъ электричествомъ притекающимъ изъ земли. — Но и въ семъ случаѣ электричество на кондукторѣ можетъ быть увеличено только до извѣстнаго предѣла. Ибо, когда кондукторъ и стеклянный кругъ получатъ равносильныя положительныя электричества, то дальнѣйшее разложеніе электричествъ кондуктора прекратится.

447. *Объ Электрофорѣ.* — Приборъ сей изобрѣтенъ Шведскимъ ученымъ *Вильке*, и состоитъ изъ двухъ проводниковъ, отдѣляемыхъ слоемъ сухой смолы. Для сего дѣлаютъ мелкой деревянный ящикъ *mn* (фиг. 298), у котораго дно обклеиваютъ оловяннымъ листомъ: въ сей-то ящикъ наливаютъ растопленной смолы, и даютъ оной застыть спокойно, чтобъ она получила гладкую поверхность. Другой проводникъ электрофора есть металлическій кругъ *ab*, имѣющій въ центрѣ своемъ стеклянную рукоятку, либо снабженный шелковыми снурками. Къ сему ежели присовокупить кусокъ фланели или кошечьяго мѣха, то электрофоръ будетъ готовъ. — Для зараженія электрофора, должно натереть фланелью поверхность смолы; поставить кругъ *ab* на сію поверхность, и сообщить его рукою съ нижнимъ оловяннымъ листомъ; потомъ поднять кругъ, держа его за шелковыя снурки: тогда получится изъ него значительная искра положительнаго электричества.

Теорія. — Когда натирается смола, то возбуждается въ ней сила отрицательнаго электричества. При наложеніи круга *ab*, вліяніемъ электричества смолы разлагаются его естественныя электричества: отрицательное оттолкнется на верхнюю плоскость круга, а положительное притянется къ поверхности смолы,

но не соединится съ ея смоляпымъ электричествомъ, ибо смола есть весьма худой проводникъ онаго. Когда прикасаются къ верхней части круга *ab*, то его отрицательное электричество переходитъ въ землю. Слѣдственно, если поднять кругъ, то на немъ останется одно + E.

Какъ смола есть весьма худой проводникъ, то она долго сохраняетъ свое электричество : отъ сего происходитъ, что приборъ сей можетъ давать искры въ продолженіи нѣсколькихъ дней и даже нѣсколькихъ недѣль. Посему свойству онъ и названъ электрофоромъ, т. е. сберегателемъ электричества.

Приборъ сей употребляется вмѣсто электрической машины для полученія электрическихъ искръ.

Конденсаторы.

448. Конденсаторы служатъ вообще для усиливанія слабаго электричества.

Вольтовъ конденсаторъ. — Приборъ сей служитъ для открытія слѣдовъ такого слабаго электричества, коихъ не можно бываетъ замѣтить, употребляя обыкновенные электроскопы. Онъ выдуманъ *Вольтою* 1782 года, и дѣлается изъ двухъ мѣдныхъ круговъ (фиг. 299), отдѣляемыхъ одинъ отъ другаго тонкимъ матовымъ стекломъ *yz*, или слоемъ мрамора, или тафтою, или даже слоемъ лака. Нижній кругъ *mn* утверждается на стеклянной подставкѣ; и верхній *ab* имѣетъ въ своемъ центрѣ стеклянную рукоятку и мѣдную проволоку съ шарикомъ *x*. Верхній кругъ служитъ для принятія сгущаемаго электричества, и называется *собирателемъ*. При употребленіи сего прибора, сообщаютъ его ниж-

ній кругъ съ землею, и къ шарику *x* прикасаются тѣломъ, оказывающимъ слабое электричество. Ежели послѣ сего поднять верхній кругъ за его рукоятку, то на немъ окажется электричество сильнѣе, нежели каковымъ оно казалось на испытуемомъ тѣлѣ.

Теорія. — Во время перваго прикосновенія тѣла къ шарику *x*, часть его электричества распространится по верхнему кругу *ab*. Пусть сіе электричество есть стеклянное. Оно дѣйствуя сквозь тафту *yz* на нижній кругъ, разложитъ въ немъ часть естественнаго электричества: притянетъ подъ стекло — E, а + E оттолкнетъ въ землю. Сіи два электричества верхняго и нижняго круговъ, находясь между собою на весьма маломъ разстояніи, придутъ въ равновѣсіе, но не соединятся, по причинѣ непроводящей способности стекла. По сему кругъ *ab* сдѣлается способнымъ принимать на себя новое количество электричества отъ того же тѣла. — Отъ сего, при второмъ прикосновеніи, дѣйствительно переходитъ на сей кругъ еще часть положительнаго электричества: оно въ свою очередь еще разложитъ часть естественнаго электричества нижняго круга, оттолкнетъ въ землю + E, а притянетъ — E подъ стекло *yz*, и съ ними придетъ въ равновѣсіе. Тоже произойдетъ при третьемъ, четвертомъ, и т. д. прикосновеніяхъ. Вотъ почему на поднятомъ кругѣ *ab* и оказывается болѣе электричества, нежели на испытуемомъ тѣлѣ.

449. Такъ какъ стеклянное электричество верхняго круга дѣйствуетъ на разстояніи толстоты стекла *yz* на смоляное электричества нижняго круга; то необходимо на верхнемъ кругѣ будетъ находиться больше

электричества, нежели на нижнемъ. Сей избытокъ электричества верхняго круга возрастаетъ постепенно при послѣдовательномъ сообщеніи ему электричества отъ испытуемаго тѣла; и конденсаторъ перестанетъ заряжаться, когда на собирательномъ кругѣ сей избытокъ сдѣлается равенъ тому количеству электричества, которое онъ можетъ на себѣ содержать, будучи просто сообщенъ съ онымъ тѣломъ, т. е. не составляя части конденсатора.

450. Конденсаторъ не рѣдко утверждаютъ нижнимъ его кругомъ на металлическомъ стержнѣ Вольтова или Бенетова электроскопа, какъ показываетъ фиг. 300; и тогда сей приборъ называется *электрометромъ конденсаторомъ*. Въ семъ случаѣ нижній кругъ служитъ для собиранія электричества. При опытахъ сообщаютъ верхній кругъ съ землею; а къ шарику *x* нижняго круга прикасаются тѣломъ, на которомъ хотятъ открыть слѣды электричества; и потомъ снимаютъ верхній кругъ. Тогда электричество, скопившееся на нижнемъ кругѣ заставитъ золотые листочьки разходиться.

451. *Лейденская банка.* — Электрическая банка открыта почти въ одно время *Клейстомъ* въ Каминѣ и *Мусшенброкомъ* въ Лейденѣ 1746 года, и служитъ для усиливанія электричества, оказывающагося наэлектрическихъ машинахъ. Она состоитъ изъ широкой банки сухаго стекла, обклеенной снаружи и со внутри оловяннымъ листомъ до $\frac{2}{3}$ ея высоты, считая снизу вверхъ. Ея отверстіе закрывается деревянною крышкою, сквозь которую проходитъ мѣдный стержень, оканчивающійся снаружи шаромъ или крючкомъ, и сообщающійся другимъ концомъ съ внутреннею обклад-

кою банки посредствомъ цѣпочки (фиг. 301). — Чтобы *зарядить банку*, надлежитъ сообщить ея внутреннюю обкладку посредствомъ шарика *x* и цѣпочки съ кондукторомъ электрической машины, а наружную обкладку сообщить съ землею; и потомъ электризовать до тѣхъ поръ, пока Генліевъ электрометръ, поставленный на кондукторѣ, начнетъ показывать, что на немъ находится свободное электричество, или пока въ банкѣ замѣтно будетъ шипѣніе. *Для разряженія банки* употребляется *разрядникъ*, состоящій изъ мѣдной дуги *mn*, оканчивающейся шариками, и снабженной иногда стеклянными рукоятками *p*. Однимъ шарикомъ сгоприкасаются къ внѣшней обкладкѣ банки, а другой подносятъ къ шарику *x*, сообщенному съ внѣшнею обкладкою: то на нѣкоторомъ разстояніи получается весьма большая электрическая искра, сопровождаемая сильнымъ трескомъ.

Теорія. — Во время электризованія банки, подъ внутреннею ея обкладкою на поверхности стекла скопляется положительное электричество кондуктора. Оно, дѣйствуя сквозь стекло, разлагаетъ естественныя электричества наружной обкладки: притягиваетъ подъ нее на поверхность стекла — E, а + E отталкиваетъ въ землю. Сіи два электричества, находясь на маломъ разстояніи, уравновѣшиваются, но не соединяются, и такимъ образомъ позволяютъ внутренней обкладкѣ принимать на себя новыя количества электричества отъ кондуктора. Слѣдственно зарядъ банки будетъ происходить совершенно также, какъ и зарядъ конденсатора. Подъ внутреннею обкладкою будетъ постепенно накопляться + E; а подъ внѣшнею — E, до толѣ пока избытокъ электричества внутрен-

ней обкладки не будетъ болѣе позволять сообщаться ей электричеству отъ кондуктора (*). — При сообщеніи внѣшней обкладки съ внутреннею, электричество первой соединяется съ электричествомъ послѣдней.

452. Изъ сей теоріи видно, что для заряженія банки нужно: 1) чтобы внѣшняя обкладка была сообщена съ землею: банка не зарядится, когда она будетъ уединена (напр. если она будетъ своимъ крючкомъ *x* привѣшена къ кондуктору машины). 2) Стекло, раздѣляющее двѣ обкладки должно быть ни слишкомъ толсто, ни слишкомъ тонко: въ первомъ случаѣ банка будетъ заряжаться слабо; а во второмъ — она можетъ прорваться силою двухъ электричествъ, стремящихся къ соединенію. 3) Зарядъ банки долженъ быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ она большую имѣетъ поверхность, покрытую словомъ, и чѣмъ оная поверхность суше. 4) При сообщеніи наружной обкладки съ внутреннею, банка не вдругъ совершенно разряжается, отчасти потому, что внутренняя обкладка содержитъ избытокъ электричества; а частію потому, что стекло задерживаетъ нѣкоторую часть электричествъ, и не мгновенно оную оставляетъ.

453. Вмѣсто Лейденской банки можно употреблять *электрическій листъ* для сгущенія электричества (фиг. 302). Это есть ничто иное, какъ четыреугольный

(*) Обкладки у Лейденской банки служатъ для проведенія электричествъ на поверхность ея стекла. И дѣйствительно, ежели онѣ не приклѣены къ стеклу, то можно ихъ снять съ банки одну послѣ другой, не снимая электричествъ съ стекла.

листъ стекла *yz*, обклеенный съ обоихъ сторонъ оловяннымъ листомъ. Только весь край опаго листа шириною въ 1 или 2 дюйма оставляется свободнымъ. *Для заряженія* сообщаютъ одну его обкладку съ кондукторомъ Элек. машины, а другую — съ землею; и *для разряженія* сообщаютъ одну его обкладку съ другою посредствомъ разрядника.

454. Изъ соединенія нѣсколькихъ Лейденскихъ банокъ составляютъ *электрическія баттереи* (фиг. 303). Для сего всѣ ихъ внутреннія обкладки, или шарики, сообщаютъ между собою посредствомъ мѣднаго стержня; и также всѣ внѣшнія обкладки сообщаютъ посредствомъ оловяннаго листа или другаго проводника. Зарядъ баттереи и разряженіе оной производится также, какъ и одной Лейденской банки: но дѣйствіе оной несравненно сильнѣе дѣйствія одной банки. — Подобнымъ же образомъ составляется баттерея изъ электрическихъ листовъ, и называется *листовою баттереею.*

Дѣйствія Лейденской банки и баттереи. — Пропуская электрическія искры изъ Лейденской банки, отзываются многія замѣчательныя явленія: 1) Ежели разрядишь банку руками, то почувствуемъ въ локтяхъ сильное потрясеніе: 2) Искра, пропущенная сквозь нѣсколько листовъ бумаги, пробиваетъ оныя на сквозь, и дѣлаетъ въ нихъ тонкое отверстіе. 3) Посредствомъ сильной искры изъ банки или баттереи можно убивать малыхъ животныхъ, раздроблять куски дерева, стекла, и проч. 4) Посредствомъ искры изъ электрической машины можно уже зажигать подогрѣтый винный спиртъ или сѣрный эѳиръ; но искрою изъ Лейденской банки или баттереи можно воспламенять твер-

дыя тѣла. Именно, ежели пропустить оную сквозь хлопчатую бумагу, посыпанную канифолью, или сквозь порохъ, то она возпламеняется. 5) Искра, пропущенная сквозь узкой листокъ золота или серебра, обращаетъ его въ окиселъ. 6) Сильная искра изъ баттереи, пропущенная сквозь тонкую ниточку золота или серебра, можетъ оную раскалить до красна, расплавить, или даже обратить въ пары. Даже толченое стекло, смѣшенное съ малымъ количествомъ поваренной соли, отъ сильнаго разряда приходитъ въ плавленіе тамъ, гдѣ проходитъ искра; и образуетъ родъ трубки. 7) Посредствомъ малыхъ электрическихъ искръ можно воспламенять гремучій воздухъ (на прим. составленный изъ 1 объема газа кислороднаго и 2 объемовъ г. водороднаго; либо изъ равныхъ объемовъ газовъ хлорнаго и водороднаго, и проч.) въ *пистолетѣ Вольтовомъ*, либо въ Вольтовомъ эвдіометрѣ. Но посредствомъ электричества Лейденской банки можно даже производить разложеніе воды.

455. *Взаимный зарядъ.* — Ежели повѣсить одну Лейденскую банку своимъ крючкомъ на кондукторъ электрической машины, къ внѣшней ея обкладкѣ привѣсить другую банку, и т. д.; а внѣшнюю обкладку послѣдней банки сообщить съ землею, и электризовать кондукторъ: то +E, скопляющееся внутри первой банки, разложитъ естественное электричество внѣшней обкладки, притянетъ — E, и оттолкнетъ +E внутрь второй банки; сіе послѣднее электричество подѣйствуетъ такимъ же образомъ и зарядитъ третью банку, и т. д. Ежели зарядъ первой банки означить числомъ 16, то зарядъ второй изобразится чрезъ 8,

зарядъ третьей — числомъ 4; зарядъ четвертой — числомъ 2, и т. д. Всѣ сіи банки разрядятся вдругъ, если внутреннюю обкладку первой сообщить съ внѣшнею обкладкою послѣдней.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

О возбужденіи электричества посредствомъ давленія, нагрѣванія и химическихъ дѣйствій.

А. *Электризованіе посредствомъ давленія.*

456. Первые опыты, показавшіе способъ электризовать давленіемъ, произведены были *Либесомъ.* Онъ бралъ для сего металлическій кружокъ, приклѣивалъ къ нему уединительную рукоятку, и давилъ опымъ лакированную клеенку: тогда клеенка получила электричество положительное, а металлическій кружокъ — электричество отрицательное. Но ежели симъ кружкомъ тереть клеенку, то первый получаетъ + E, а послѣдняя — E. *Гаю* потомъ узналъ, что Исландскій шпатъ и нѣкоторые другіе минераллы могутъ электризоваться также посредствомъ давленія. На прим. если Исландскій шпатъ подавить между пальцами, то онъ тотчасъ получаетъ примѣтное + E. Наконецъ *Бекерель*, изслѣдывая точнѣе сей способъ электризованія, достигъ до нѣкоторыхъ общихъ важныхъ заключеній. Для сего онъ бралъ кружки различныхъ тѣлъ, приклѣивалъ оные, для уединенія, къ стекляннымъ рукояткамъ, и, подавивъ одинъ кружокъ другимъ, разнималъ оные, и испытывалъ ихъ электричество. Производя таковые опыты надъ пробковымъ деревомъ, бузинною сердцевиною, каучукомъ, померанцовою коркою, кожами, известковымъ шпатомъ, тяжелымъ шпатомъ, многими металлами, и проч., онъ узналъ: что всякія два тѣла (изъ коихъ покрайней мѣрѣ одно должно быть довольно упруго) отъ взаимнаго давленія приводятся въ

противныя электрическія состоянія; что, во время давленія, электричества сіи взаимно уравновѣшиваются и оказываются свободными только при отдѣленіи одного кружка отъ другаго.

457. Количество электричества, дѣлающагося свободнымъ посредствомъ давленія, зависитъ: отъ величины давленія, отъ проводящей способности испытуемыхъ тѣлъ, отъ ихъ гигроскопическаго свойства, качества поверхности, и отъ температуры. 1) Беккерель съ помощію весьма остроумнаго инструмента открылъ, что электричество, возбуждаемое давленіемъ, бываетъ примѣтно пропорціонально сему давленію. 2) Худые проводники не требуютъ въ семъ случаѣ уединенія; хорошіе же проводники, не бывъ уединены, тотчасъ теряютъ свое электричество, по раздѣленіи одинъ отъ другаго. Даже, когда они бываютъ уединены, то съ великою скоростію надлежитъ оные раздѣлять одинъ отъ другаго; въ противномъ случаѣ, два возбужденныя электричества успѣютъ опять соединиться между собою. Бекерель узналъ, что чѣмъ болѣе скорость раздѣленія, тѣмъ болѣе остается на тѣлахъ свободнаго электричества. При семъ, ежели одно проводящее тѣло сообщено съ землею, а другое уединено; то сіе послѣднее только и получаетъ электричество ему свойственное. 3) Состояніе влажности, измѣняя электро-проводность тѣлъ, измѣняетъ и количество освобождающагося электричества: многія тѣла оказываютъ только тогда замѣтное электричество, когда бываютъ напередъ высушены. Подобное же дѣйствіе оказываетъ большая или меньшая гладкость поверхности тѣлъ. Всякое тѣло начинаетъ лучше проводить электричество, когда оно будетъ

лишено полировки. 4) Температура имѣетъ большое вліяніе на возбужденіе электричества давленіемъ: Исландскій шпатъ, который получаетъ + Е отъ давленія, получитъ — Е, ежели его температура будетъ достаточно возвышена. Два однородныхъ тѣла, напр. два куска пробки либо Исландскихъ шпата, рѣдко электризуются давленіемъ: но ежели одинъ изъ нихъ нагрѣть; то, при взаимномъ давленіи, они всегда получаютъ противныя электричества; впрочемъ, ежели давленіе продолжится дотолѣ, пока температуры обоихъ тѣлъ придутъ къ равновѣсію, то послѣ ихъ раздѣленія не замѣтимъ на нихъ электричества. Описаніе опытовъ Беккереля см. въ Ann. de Chimie et de Phys. 1823. tom 22).

458. Съ сими явленіями имѣютъ великое сходство слѣдующія. Ежели пластинку слюды раздѣлять въ темнотѣ на тончайшія пластинки; то всегда замѣчается свѣтъ, и двѣ отдѣленныя пластинки оказываются съ двумя противными электричествами. Тоже представляютъ и другія тѣла листоваго сложенія. Къ сему же надлежитъ отнести явленіе свѣта, замѣчаемаго въ темнотѣ, когда разбиваютъ сахаръ, мѣлъ, и проч.

B. Возбужденіе электричества нагрѣваніемъ.

459. Возбужденіе электричества посредствомъ нагрѣванія первоначально замѣчено было въ кристаллахъ турмалина (*). Минераллъ сей при обыкновенной тем-

(*) Кристаллы его имѣютъ видъ тонкихъ девятисторонихъ призмъ, заостренныхъ тремя, шестью, девятью плоскостями.

пературѣ не показываетъ ни какихъ слѣдовъ электричества: но если будетъ нагрѣтъ, то становится электрическимъ. Испытывая его электричество посредствомъ электроскопа, Г. Гаю открылъ, что наибольшая сила электричества его оказывается на двухъ концахъ сего минерала, называемыхъ *электрическими полюсами*; что одинъ полюсъ оказываетъ + Е, а другой — Е; что электричества сіи отъ полюсовъ къ серединѣ минерала весьма быстро ослабѣваютъ, и уничтожаются. Ежели разбить турмалинъ, то каждый кусокъ его, сколь бы малъ ни былъ, имѣетъ два электрическихъ полюса. При семъ откроется, что однородные полюсы всѣхъ кусковъ турмалина въ минераллѣ семъ были обращены въ одну сторону. Когда турмалинъ получаетъ электрическую полярность отъ нагрѣванія, то онъ не теряетъ сего электричества отъ прикосновенія къ хорошимъ проводникамъ.

Многочисленные опыты Каптона, Вильсона, Присслея, Бергмана, Эпинуса и Гаю показали еще: 1) Что для каждаго турмалина находятся два предѣла температуры, между коими онъ дѣлается электрическимъ. Для многихъ турмалиновъ сіи предѣлы суть 10° и 150° Ц. т. 2) Ежели нагрѣвать турмалинъ по всей его длинѣ отъ 10° до 150°, то онъ тотчасъ получаетъ полярность, и сохраняетъ оную по мѣрѣ возвышенія температуры. Если же будемъ охлаждать, то полярность его сперва уничтожается, и потомъ снова появляются полосы: только электроположительный полюсъ оказывается на мѣстѣ электро-отрицательнаго, а сей послѣдній на мѣстѣ электро-положительнаго. 3) Кажется, что электрическая полярность происходитъ только во время измѣненія температуры:

ибо, если температура сдѣлается постоянною, то полярность исчезаетъ. 4) Ежели нагрѣвать или охлаждать одинъ конецъ турмалина, то онъ получаетъ только одинъ видъ электричества.

460. Кромѣ турмалина открыты многія другія окристаллованныя тѣла, способныя электризоваться нагрѣваніемъ. Въ однѣхъ сіе свойство открылъ Г. Гаю, а въ другихъ Г. Брюстеръ, таковы суть:

Алмазъ.	Гранатъ.
Сѣра.	Топазъ.
Галмей	Турмалинъ.
Кварцъ.	Виннокаменная кислота.
Углекислая известь.	Лимонная кислота.
Тяжелый шпатъ.	Желѣзный купоросъ.
Борацитъ.	Уксуснокислый свинецъ.
Плавикъ.	Сахаръ, и проч.

C. *Электричество, разлагаемое при химическихъ дѣйствіяхъ.*

461. Разложеніе электричества при химическихъ дѣйствіяхъ тѣлъ первоначально замѣчено было еще Лапласомъ и Лавуазье. Они узнали, что, при дѣйствіи большаго количества сѣрной кислоты на желѣзные опилки, обнаруживалось столько электричества, что кондепсаторъ могъ онымъ заряжаться, и давать искры. Послѣ сего, Вольта и многіе другіе физики находили, что электричество обнаруживается не только при химическихъ дѣйствіяхъ, но даже при плавленіи тѣлъ, испареніи, и при обратномъ переходѣ тѣлъ въ плот-

нѣйшее состоянiе. Но всѣ сiи опыты не рѣдко давали противорѣчивыя слѣдствiя. Наконецъ Г. *Пулье*, дѣлая многочисленные опыты надъ измѣненiемъ состоянiя тѣлъ, дошелъ къ основному заключенiю, что электричество не обнаруживается ни при плавкѣ тѣлъ, ни при испаренiи чистыхъ жидкостей, ни при обратныхъ переходахъ тѣлъ изъ газообразнаго состоянiя въ твердое. Но, производя опыты надъ испаренiемъ воды, содержащей въ растворѣ своемъ щелочи, соли, кислоты онъ нашелъ: 1) что растворы кали, натра, барита, стронцiана, и другихъ щелочей, сколько бы слабы ни были, во время испаренiя (т. е. отдѣленiя воды отъ щелочи), оказываютъ электричество: щелочь остается въ состоянiи + E, а пары воды отдѣляются въ состоянiи — E. 2) Что растворы солей также при испаренiи оказываютъ электричество: при чемъ соль остается въ состоянiи — E, а пары воды имѣютъ + E.

462. Сей же ученый, испытывая газы, отдѣляющiеся при горѣнiи, и при другихъ химическихъ процессахъ, показалъ, что при отдѣленiи газовъ освобождается весьма примѣтное количество электричества. Сожигая угли, водородъ, винный спиртъ, эөиръ, фосфоръ, сѣру, жирныя тѣла, растительныя вещества, онъ открылъ съ помощiю электроскопа-конденсатора, что, при горѣнiи, сожигаемое тѣло остается въ состоянiи — E, а газъ отдѣляется въ состоянiи + E.

463. Растенiя, дѣйствуя на кислородъ воздуха, иногда образуютъ съ нимъ углекислый газъ, ими отдѣляемый; а иногда разлагаютъ сей газъ, и отдѣляютъ изъ себя кислородъ: посему Г. Пулье, испытывалъ, не освобождается ли электричество при сихъ химическихъ

дѣйствіяхъ; и открылъ, что, во время прозябенія растеній, и развитія оныхъ, оказывалось постоянно значительное количество электричества.

Въ статьѣ объ электро-магнитныхъ явленіяхъ мы увидимъ описаніе весьма чувствительнаго прибора, который можетъ показывать, что при всѣхъ химическихъ соединеніяхъ и разложеніяхъ возбуждается электричество, и который извѣстенъ подъ именемъ *Гальванометра.*

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Объ атмосферномъ электричествѣ.

464. Узнавши, что электричество обнаруживается отъ взаимнаго тренія тѣлъ, отъ испаренія воды изъ растворовъ, и отъ разныхъ механическихъ и химическихъ процессовъ, совершающихся въ трехъ царствахъ природы, мы приводимся къ заключенію, что атмосферный воздухъ долженъ содержать въ себѣ всегда большее или меньшее количество электричества. Одно уже треніе движущагося воздуха о земные предметы достаточно для возбужденія сего электричества: ибо извѣстно, что ежели дуть мѣхомъ на стекло, или шелковымъ платкомъ размахивать въ воздухѣ, то они электризуются. Воды земной поверхности всегда содержатъ въ себѣ растворенными множество солей и другихъ веществъ: онѣ, испаряясь по всему земному шару, должны безпрестанно уносить съ собою въ Атмосферу электричество (и притомъ наиболѣе + E). Электричество Атмосферы должно оказываться наиболѣе въ лѣтнее время, когда испареніе производитъ въ наибольшей степени, и когда развершаніе растеній и всякія другія химическія дѣйствія происходятъ почти на цѣлой половинѣ земнаго шара.

465. Хотя электричество сіе незамѣтно для чувствъ нашихъ; но точныя наблюденія показали, что Атмосфера дѣйствительно всегда находится въ электрическомъ состояніи. Въ этомъ увѣриться можно, употребляя Вольтовъ электрометръ (фиг. 304), снабженный металлическимъ остріемъ, длиною фута въ три или болѣе, или другія подобныя орудія. Съ помощію сихъ инструментовъ Кавалло, Эрманъ, Беккаріа, Ан-

дре Гроссъ, Соссюръ, и другіе, производили наблюденія въ продолженіи нѣсколькихъ мѣсяцовъ и даже нѣсколькихъ лѣтъ, въ разныя времена года, и при различныхъ обстоятельствахъ, и открыли:

1) Что въ чистой безоблачной Атмосферѣ постоянно замѣчается положительное электричество; 2) что сила онаго электричества возрастаетъ по мѣрѣ удаленія отъ земной поверхности или возвышенія въ Атмосферѣ: вѣроятно потому, что электричество свободнѣе разсѣевается въ воздухѣ рѣдчайшемъ нежели плотнѣйшемъ, и въ верхнихъ слояхъ получаетъ менѣе измѣненій, нежели въ нижнихъ. 3) Что, въ одномъ и томъ же слоѣ Атмосферы, электричество примѣчается тѣмъ значительнѣе, чѣмъ воздухъ суше. 4) Появленіе облаковъ, туманъ, дождь, снѣгъ, и проч. измѣняютъ электрическое состояніе атмосферы. Оно бываетъ отрицательное при появленіи сихъ метеоровъ; но часто дѣлается положительнымъ, постепенно усиливается, потомъ ослабѣваетъ, и переходитъ опять въ состояніе отрицательнаго электричества; и такимъ образомъ довольно скоро перемѣняется.

466. Въ жаркіе лѣтніе дни электричество атмосферы увеличивается до того, что производитъ видимыя явленія, по коимъ можно узнавать его присутствіе. Въ сіе время, при наступленіи ночи, появляются иногда на выдающихся высоко, острыхъ частяхъ зданій (напр. на мачтахъ, шпиляхъ, и проч.) кисти свѣта съ расходящимися лучами; и вблизи оныхъ явленій иногда ощущается шумъ, подобный тому, какой происходитъ при электрической машинѣ. Явленія сіи называются *Касторомъ* и *Поллуксомъ*, и также огнями Св. *Елены* и *Ельма.* Онѣ происходятъ отъ дѣйствія электричества

верхнихъ слоевъ воздуха на земные предметы, вліяніемъ коего разлагается естественное электричество въ сихъ последнихъ, и проч. — Но во всей своей силѣ обнаруживается электричество атмосферы, когда оно скопляется на облакахъ, и производитъ явленіе молніи и грома.

467. Когда еще небыло извѣстно, что атмосфера постоянно находится въ электрическомъ состояніи, но была изобрѣтена Лейденская банка и электрическая баттерея; тогда уже *Грей* и Аббатъ *Нолле* начали замѣчать великое сходство между явленіями грозы и явленіями сильнаго электричества. Именно: молнія всегда ударяетъ въ тѣла возвышенныя, каковы вершины горъ, мачты, дерева, трубы, и проч., стремится итти по лучшимъ проводникамъ электричества, раздробляетъ встрѣчающіеся не проводники, зажигаетъ горючія тѣла, плавитъ металлы, убиваетъ животныхъ, и тотчасъ приводитъ ихъ въ гніеніе, и проч.; но всѣ сіи дѣйствія производитъ въ маломъ видѣ и усиленное электричество. — По симъ сходствамъ знаменитый *Франклинъ* и принялъ электричество, какъ гипотезу, для изъясненія молніи. Но сіе предположеніе требовало рѣшительнаго подтвержденія, къ чему онъ и достигъ слѣдующимъ образомъ.

Узнавши еще гораздо прежде, что всякое уединенное металлическое остріе, поставленное вблизи наэлектризованнаго тѣла, само становится электрическимъ (или всасывая или источая изъ себя электричество, по теоріи Франклина), Франклинъ вздумалъ употребить сіе простое средство для обнаруженія электричества въ облакахъ. Надлежало поставить въ Атмосферѣ металлическій заостренный шестъ, уединить

оный, и наблюдать на немъ появленія электричества при прохожденіи грозныхъ облаковъ. Но живя въ Сѣв. Америкѣ, и не имѣя удобныхъ средствъ произвести сей опытъ, онъ просилъ Французскихъ Физиковъ заняться онымъ: а симъ дожидался, пока будетъ окончена начитая въ Филадельфіи колокольня, на которой бы можно было поставить металлическій шестъ для наблюденія электричества. — Въ слѣдствіе сего поставлены были многіе металлическіе уединенные шесты, и одинъ изъ нихъ, высотою въ 40 футовъ, поставленный *Далибаромъ* надъ домикомъ въ саду Марли-ля-виль, при прохожденіи надъ нимъ грознаго облака, наэлектризовался, и производилъ всѣ явленія, какія замѣчаются на кондукторахъ электрическихъ машинъ (10-го Мая 1752 года). (*)

Между тѣмъ и Франклинъ не оставилъ своей гипотезы безъ повѣренія. Ему пришла мысль, что дѣтскій змѣй можетъ подняться въ атмосферу гораздо выше всякаго металлическаго шеста, и быть ближе къ облакамъ. Посему онъ сдѣлалъ бумажный змѣй, прикрѣпилъ къ нему металлическое остріе, и, при первой грозѣ, пустилъ его въ воздухъ. При семъ онъ уединилъ надлежащимъ образомъ нижній конецъ пеньковой веревочки, на коей держался змѣй, и ожидалъ появленія электричества. Когда отъ небольшаго дождя веревочка

(*) Почти въ тоже время сіи опыты производились и въ Россіи: ибо С. Петербургскій Профессоръ *Рихманъ*, испытывая силу электричества грозныхъ облаковъ (1753 года 6 Августа) съ помощію выдуманнаго имъ электрометра, былъ убитъ молніею, выскочившею изъ уединеннаго и надъ домомъ его поставленнаго металлическаго шеста.

намокла и сдѣлались болѣе проводящею; то Франклинъ, поднося къ ней руку, получалъ изъ нее множество искръ, и симъ удостовѣрился, что его предположеніе была дѣйствительная истинна (1752 года).

Разительнѣйшіе опыты посредствомъ змѣя производилъ послѣ сего *Г. Рома* во Франціи. Онъ сдѣлалъ змѣй длиною въ $7\frac{1}{2}$, а шириною въ 3 фута; въ льняную веревочку, на которой онъ былъ привязанъ, вплетена была тонкая проволока для удобнѣйшаго проведенія электричества; а къ концу былъ привязанъ шелковый снурокъ. Искры принимаемы были изъ сей веревочки посредствомъ большаго разрядника, сообщающагося съ землею посредствомъ цѣпи. Съ сими предосторожностями Рома (1756 годъ, 28 Августа) пустилъ оный змѣй на высоту болѣе 500 футовъ къ грознымъ облакамъ, и, въ продолженіе значительнаго времени, получалъ искры въ дюймъ толщиною и до 10 футовъ длиною, коихъ удары походили на пистолетные выстрѣлы.

468. Какимъ образомъ облака, носящіяся въ Атмосферѣ, становятся грозными, *Гей-Люсакъ* разрѣшаетъ сей вопросъ слѣдующею теоріею (Ann. de Chimie et de Phys. tom. VIII, pag. 159 — 173): Онъ замѣчаетъ во первыхъ, что въ Атмосферѣ всегда существуетъ свободное электричество, готовое собираться на поверхности хорошихъ проводниковъ; во вторыхъ, что грозы бываютъ всегда предшествуемы *скорымъ образованіемъ отдѣльныхъ и густыхъ облаковъ великаго объема:* ибо онѣ случаются въ знойное время года, когда въ воздухѣ находится большое количество паровъ. Въ сіе время густота и величина облаковъ бываетъ такова, что не рѣдко въ нѣсколько минутъ выпадаетъ изъ нихъ воды болѣе, нежели въ продолженіи цѣлой

зимы на одномъ и томъ же пространствѣ. — Какъ скоро образуется облако, то каждый водяной пузырекъ онаго дѣлается хорошимъ проводникомъ: электричество, разсѣянное въ Атмосферѣ, будетъ собираться на поверхности оныхъ пузырьковъ въ видѣ тончайшаго слоя, и можетъ остаться въ ономъ состояніи, ежели сіи пузырьки будутъ мало сближены. Въ семъ состояніи облако еще не бываетъ грознымъ. — Но ежели облако сдѣлается столь густо, что, въ отношеніи къ электричеству, сдѣлается похожимъ на сплошной проводникъ; то вся электрическая жидкость выступитъ изъ внутри облака, соберется на его поверхности, и на оной будетъ удерживаться давленіемъ воздуха. Очевидно также, что оно распредѣлится по поверхности облака не равномѣрно: его оконечности отдаленныя отъ середины будутъ больше содержать электричества, нежели близкія къ серединѣ; его половина ближайшая къ землѣ будетъ сильнѣе наэлектризована, нежели отдаленнѣйшая. Ибо электричество сего облака подѣйствуетъ своимъ вліяніемъ на земные предметы, будетъ притягивать на ближайшую поверхность земли электричество разнородное, и, уравновѣшиваясь съ онымъ, будетъ переходить на нижнюю часть облака (442); отъ чего сіе послѣднее сдѣлается способнымъ принимать на себя новыя количества электричества изъ атмосферы, и будетъ заряжаться такъ, какъ заряжается *кругъ собиратель* конденсатора (448).

469. Наибольшее скопленіе и напряженіе облачнаго электричества будетъ находиться на самыхъ нижнихъ оконечностяхъ облаковъ, а наибольшее скопленіе земнаго электричества — на самыхъ возвышеннѣйшихъ

предметахъ земли, особливо ежели сіи послѣдніе суть хорошіе проводники. Сіи-то два электричества, прорывая воздухъ, ихъ раздѣляющій, соединяются между собою, и производятъ *молніи.* При ономъ разрывѣ, образуется пустота въ нѣсколько дюймовъ шириною, и въ нѣсколько десятковъ или сотенъ футовъ длиною, въ которую потомъ устремляется воздухъ, и производитъ тотъ сильнѣйшій звукъ, который называютъ *громомъ.* Сей звукъ, отражаясь отъ облаковъ (292), и земныхъ предметовъ, дѣлаетъ многіе отголоски, или *раскаты.* — Часто случается видѣть въ одно время нѣсколько молній: онѣ происходятъ отъ перехода электричества къ равновѣсію во всей системѣ облаковъ тучи, когда одно изъ облаковъ разряжается.

Рѣдко молнія имѣетъ путь прямолинейный въ воздухѣ; но всегда болѣе или менѣе угловатый: потому что электричество слѣдуетъ тѣми мѣстами, гдѣ встрѣчаетъ для себя путь удобнѣйшій, т. е. гдѣ находитъ болѣе паровъ въ воздухѣ.

При семъ полѣзно было-бы упомянуть о *возвратномъ ударѣ* (choc en retour).

470. *Громовые отводы.* — Они суть ничто иное, какъ металлическіе заостренные шесты, утверждаемые на кровляхъ зданій, на башняхъ, на вершинахъ мачтъ, и проч.; одинъ конецъ ихъ выставляется въ атмосферу, и другой посредствомъ хорошихъ проводниковъ сообщается съ землею. Сіи орудія служатъ для ослабленія силы облачнаго электричества, и слѣдственно для предохраненія отъ молніи зданій, защитѣ ихъ ввѣренныхъ. Теорія ихъ дѣйствія проста: когда наэлектризованное облако проходитъ надъ острымъ стержнемъ отвода, то оно разлагаетъ въ немъ есте-

ственныя электричества; однородное отталкиваетъ въ землю, а разнородное притягиваетъ на заостренный конецъ онаго шеста; сіе послѣднее стекаетъ постепенно въ воздухъ, сообщается парамъ онаго, переносится мало по малу къ облаку, соединяется съ его электричествомъ, и ослабляетъ силу онаго. Такимъ образряженіе грознаго облака производится тихо. Впрочемъ, еслибы случился и мгновенный разрядъ; то онъ прямо произойдетъ въ шестъ отвода, а не въ иныя части зданія: потому что взаимное притяженіе разнородныхъ электричествъ на немъ производится наибольшее.

471. Чтобы отводъ могъ быть полѣзенъ, онъ долженъ имѣть: 1) надлежащую толстоту и длину; 2) надѣжнѣйшимъ образомъ сообщенъ съ землею; 3) число отводовъ на зданіи должно быть опредѣленное.

Металлическій шестъ отвода дѣлается изъ квадратной желѣзной полосы, утончающейся отъ основанія къ вершинѣ. Смотря по надобности, даютъ ему *длину* отъ 15 до 30 футовъ, такъ чтобы острый конецъ его былъ на 5 или 8 футовъ выше самыхъ возвышеннѣйшихъ частей защищаемаго зданія. *Боковая ширина* его при основаніи должна простираться отъ 25 до 27 линій. Ежели оный стержень будетъ тонокъ, то можетъ быть расплавленъ молніею. Не было еще примѣра, чтобы онъ могъ расплавиться, имѣя вышеозначенную толстоту. — Такъ какъ желѣзо въ соприкосновеніи съ влажнымъ воздухомъ скоро покрывается ржавчиною, и начинаетъ хуже проводить электричество; то срѣзываютъ его вершину фута на два, и наставляютъ позолоченнымъ остріемъ изъ желтой мѣди. —

Такой шестъ утверждается на зданіи различно, смотря по мѣстной удобности, и сообщается съ землею (фиг. 305). Сообщительнымъ проводникомъ служитъ желѣзная полоса: она отъ основанія стержня проводится по кровлѣ, загибается по карнизу; потомъ идетъ вдоль стѣны, углубляется въ землю футовъ на 12 или 15, либо проводится до встрѣчи съ водою (наприм. въ колодецъ). — *Для* предохраненія основанія отвода отъ ржавчины, проводятъ оное въ кирпичный жолобъ, наполненный углемъ. Опытъ показалъ, что желѣзо, обложенное углемъ, не получаетъ измѣненія въ продолженіи 30 лѣтъ. Сверхъ сего уголь и самъ служитъ хорошимъ проводникомъ для электричества. Вмѣсто сообщительныхъ желѣзныхъ полосъ съ большою пользою употребляются металлическія веревки, свиваемыя изъ желѣзныхъ или мѣдныхъ проволокъ, покрытыхъ смолою.

Ежели въ зданіи, на коемъ утверждается отводъ, находятся значительныя металлическія части, напр. свинцовые или желѣзные кровельные листы, водосточныя трубы, разныя желѣзныя связи; то ихъ всѣхъ надлежитъ сообщать съ проводникомъ отвода посредствомъ толстыхъ проволокъ, и проводить электричество въ землю путемъ кратчайшимъ.

Полезно также по бокамъ *отдѣльныхъ* зданій ставить металлическіе стержни горизонтальные: они могутъ предохранять отъ молній, наносимыхъ клочьями облаковъ, устремляемыхъ на стѣны зданій сильными порывами вѣтра.

Наблюденія Шарля показали, что стержень отвода сильно защищаетъ отъ молніи около себя круговое пространство, имѣющее полупоперечникъ вдвое болѣе

высоты его. Кровля зданія въ 60 футовъ длиною требуетъ стержня отвода въ 15 футовъ высотою. Если же зданіе очень длинно, на прим. во 120 футовъ, то лучше на ономъ поставить два стержня длиною въ 15 футовъ, одинъ отъ другаго въ разстояніи 60 футовъ, а отъ концовъ зданія на 30 футовъ. Но когда ставится на зданіи два отвода, то надлежитъ онымъ давать общій проводникъ въ землю.

472. Благоразуміе требуетъ во время грозы не останавливаться подъ деревьями или подлѣ домовъ, незащищенныхъ отводами, не стоять на мѣстахъ возвышенныхъ, на обширныхъ луговыхъ равнинахъ, особливо подлѣ рѣкъ и озеръ; не держать надъ собою металлическихъ вещей. Находясь въ домѣ, неимѣющемъ отвода, надлежитъ окна и печныя трубы держать закрытыми; удаляться отъ оконъ, дверей, отъ большихъ металлическихъ предметовъ, и въ особенности печей, трубы коихъ покрыты хорошимъ проводникомъ — сажею.

473. Къ числу явленій, производимыхъ атмосфернымъ электричествомъ, относится образованіе града, зорница, сѣверное сіяніе, и проч.

О градѣ. — Градъ падаетъ въ самое знойное время года, рѣдко во время ночи, но болѣе въ такіе часы дня, когда въ воздухѣ замѣчается весьма высокая температура. Облака, изъ коихъ онъ падаетъ, бываютъ буровато-пепельнаго цвѣта, мало удаленныя отъ земной поверхности, и всегда содержатъ великое скопленіе электричества: ибо паденіе града обыкновенно сопровождается сильною грозою. Зерна града предъ своимъ паденіемъ производятъ шумъ, подобный стуку горошинъ, ударяющихся одна о другую. Въ центрѣ оныхъ

зеренъ замѣчаются непрозрачныя снѣжинки, облепленныя слоемъ прозрачнаго льда, либо нѣсколькими слоями попремѣнно прозрачными и непрозрачными. Формы зеренъ весьма различны, и вѣсъ зеренъ простирается отъ 1 грана до 1 фунта и болѣе.

Разсматривая сіи обстоятельства, видно, что градъ образуется изъ снѣжинокъ; кои постепенно облепляются то влагою, то новыми снѣжинками, и удерживаются какою — то силою во облакахъ дотолѣ, пока получаютъ вѣсъ, достаточный для преодолѣнія оной силы. Сего дѣйствія нельзя себѣ представить съ большею вѣроятностію, какъ слѣдующимъ образомъ. Извѣстно, что во время лѣта облака носятся на разныхъ возвышеніяхъ; ибо часто случается видѣть, что верхнія облака покоятся, а нижнія движутся подъ оными; либо двѣ системы облаковъ движутся одна выше другой въ разныя стороны. Лѣтомъ, верхнія облака часто находятся въ снѣжной области атмосферы, и слѣдственно состоятъ изъ носящихся снѣжинокъ (замерзшихъ ледяныхъ оболочекъ), тогда какъ нижнія облака состоятъ болѣе изъ влажныхъ паровъ. Извѣстно также, что электричество нижнихъ облаковъ нерѣдко бываетъ различно отъ электричества верхнихъ; что первыя, пріобрѣтая большую густоту, могутъ дѣлаться грозными, а послѣднія рѣдко дѣлаются таковыми. — Теперь представимъ себѣ облако, находящееся въ снѣжной области атмосферы, и содержащее на снѣжинкахъ своихъ положительное электричество; вообразимъ также, что ниже его движутся грозныя облака, состоящія изъ влажныхъ паровъ, и заряженныя отрицат. электричествомъ: тогда снѣжинки верхняго облака начнутъ притягиваться къ нижнимъ,

облепляться ихъ парами, потомъ отталкиваться къ верхнему облаку, облепляться его снѣжинками, послѣ сего опять притягиваться къ нижнимъ, и отталкиваться къ верхнему, и т. д. Отъ сего постепеннаго перехода и обмерзанія, крупинки снѣга будутъ становиться болѣе и болѣе, и, получивши вѣсъ, превышающій силу облачнаго электричества, падаютъ на землю.

Главная мысль оной теоріи принадлежитъ *Вольтѣ*; и согласно съ оною получили свое происхожденіе *отводы града*, кои въ существенности не различаются отъ отводовъ грома.

474. *Зорницею* называется явленіе тихихъ молній, замѣчаемое въ теплые лѣтніе вечера близъ горизонта, и нерѣдко безъ присутствія облаковъ. Полагаютъ, 1) что онѣ суть отблески дѣйствительныхъ молній, происходящихъ въ облакахъ, скрывающихся ниже горизонта; 2) либо онѣ происходятъ отъ перехода электричества изъ однѣхъ областей атмосферы въ другія.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Объ электричествѣ, возбуждаемомъ прикосновеніемъ тѣлъ.

475. Еще въ 1767 году извѣстенъ былъ опытъ, что ежели два разнородныхъ металла, именно серебро и цинкъ, будутъ находиться въ прикосновеніи съ какими нибудь частями рта, и потомъ приведутся въ прикосновеніе между собою; то чувствуется особенный вкусъ, а иногда и сверканіе свѣта въ глазахъ: но это важное явленіе осталось безъ всякаго изслѣдыванія до 1789 года, пока случай не указалъ другихъ явленій, производимыхъ тоюже силою. Въ сіе время, *Галвани*, профессоръ Анатоміи, въ Болонской Академіи производилъ опыты надъ раздражимостію мускуловъ посредствомъ электричества: для сего употреблялъ онъ убитыхъ и ободранныхъ лягушекъ, у коихъ онъ обнажалъ поясничные нервы, и, чтобы держать удобнѣе въ рукахъ, онъ продѣвалъ сквозь остальную часть хребетнаго столба *мѣдную проволоку* загнутую крючкомъ (фиг. 306). По случаю однажды повѣсилъ онъ нѣсколько таковыхъ лягушечныхъ труповъ на желѣзномъ балконѣ: тогда ноги и голени ихъ, прикоснувшіяся къ желѣзу, пришли въ судорожное движеніе. Потомъ онъ замѣтилъ, что тѣже явленія происходятъ, ежели лягушку положить на желѣзную плитку, и къ сей плиткѣ прикоснуться ея мѣднымъ крючкомъ. Наконецъ онъ узналъ, что вообще ежели сообщить мускулъ съ нервомъ посредствомъ дуги, состоящей изъ двухъ различныхъ металловъ, то сіи органы приходятъ въ судорожное движеніе. Явленія сіи имѣли великое сходство съ дѣйствіемъ электричества на лягушечные трупы; посему

Галвани и заключилъ, что онѣ происходили отъ соединенія двухъ разнородныхъ электричествъ, изъ коихъ одно, при жизни животнагò, должно быть скоплено въ мускулахъ, а другое въ нервахъ.

476. *Вольта*, Профессоръ въ Павіи, повторяя опыты Галвани, замѣтилъ, что судорожныя движенія весьма рѣдко происходили, когда нервы и мускулы лягушки были сообщаемы однимъ хорошимъ проводникомъ; но что онѣ всегда удачно производились, когда сообщеніе мускула съ нервомъ дѣлало было посредствомъ двухъ разнородныхъ металловъ: изъ сего заключилъ онъ, что сіи движенія происходили не отъ электричества сихъ животныхъ частей, но вѣроятнѣе отъ электричества, оказывающагося на разнородныхъ металлахъ, во время ихъ взаимнаго прикосновенія; и что оно, проходя сквозь мускулы и нервы, приводитъ ихъ въ раздраженіе.

Для повѣренія своей мысли, Вольта производилъ множество опытовъ надъ разными тѣлами, и дѣйствительно открылъ, что не только всякіе два разнородные металлы, но и всякія два твердыя тѣла хорошо проводящія, находясь во взаимномъ прикосновеніи, всегда оказываются въ электрическомъ состояніи, на одномъ изъ нихъ обнаруживается +E, а на другомъ —E; и что сіе свойство въ различныхъ степеняхъ простирается на всѣ тѣла природы; и, въ честь Галвани, назвалъ оное электричество *Галванизмомъ*.

477. Вотъ какимъ образомъ можно удостовѣриться въономъ способѣ возбужденія электричества: возмемъ два кружка A, B (фиг. 307), одинъ мѣдный, а другой цинковый, хорошо полированные, и имѣющіе при своихъ центрахъ стеклянныя рукоятки; держа за сіи рукоятки, приведемъ оные въ прикосновеніе, и потомъ

разнимемъ: то каждый изъ нихъ окажется въ электрическомъ состоянiи. Хотя электричества сiи бываютъ весьма слабы; но ихъ можно обнаружить съ помощiю электрометра конденсатора (фиг. 300): и найдется на цинкѣ + Е, а на мѣди — Е.

Разложенiе электричества въ семъ случаѣ зависитъ не отъ тренiя или давленiя, но только отъ прикосновенiя двухъ разнородныхъ тѣлъ: ибо оно производится и тогда, когда мѣдная плитка будетъ однимъ краемъ припаяна къ цинковой (фиг. 308).

473. Приводя во взаимное прикосновенiе разныя тѣла Вольта открылъ еще:

1) Что между металлами и твердыми проводящими тѣлами прикасающимися возбуждается электричество весьма ощутимое; но что вода, соленые растворы и даже кислоты, отъ прикосновенiя между собою и съ твердыми тѣлами, оказываютъ электричество чрезмѣрно слабое и даже незамѣтное; такъ что во многихъ случаяхъ можно считать оныя жидкости только проводниками электричества, а твердыя тѣла — проводниками и электровозбудителями.

2) Дѣйствiе электровозбудителей никогда не оказывается на разстоянiи; но только въ прикосновенiи; и возбужденiе электричества продолжается до толѣ, пока продолжается сiе прикосновенiе. Ибо сколькобы мы ни старались у прикасающихся плитокъ цинка и мѣди отнимать электричества; оно всегда на нихъ возобновляется. Слѣдовательно пара плитокъ цинка и мѣди, прикасающихся, или припаянныхъ одна къ другой, представляетъ намъ родъ *электрической машины*, гдѣ отъ прикосновенiя оказывается на одной + Е, а на другой — Е. Вольта назвалъ *электровозбудительного*

силою (force éléctromotrice) ту неизвѣстную причину, которая обнаруживаетъ свою дѣятельность во время прикосновенія цинка къ мѣди (или другой пары тѣлъ), разлагаетъ часть ихъ естественнаго электричества, устремляетъ одно электричество на цинкъ а другое на мѣдь, и не позволяетъ имъ соединяться между собою.

3) *Величина электрическаго напряженія бываетъ постоянна, по всей поверхности той и другой плитки, когда природа плитокъ остается неизмѣнною, и поверхности ихъ равными*, будутъ ли сіи поверхности въ 2 квадр. дюйма или въ 10 или во 100. Потому что между двумя прикасающимися тѣлами электровозбудительная сила постоянна, и только тогда перестаетъ разлагать естественное электричество, когда придетъ въ равновѣсіе съ напряженіемъ разложенныхъ электричествъ. Что жъ касается до *количества электричества*, распространеннаго по поверхности плитокъ, то оно всегда *пропорціонально сей поверхности*; то есть, что на равныхъ плиткахъ въ 2, 10, 20. . . . квад. дюймовъ сіе количество будетъ въ 2, 10, 20 . . . разъ болѣе, нежели на плиткахъ въ 1 квад. дюймъ.

4) Количество такимъ образомъ возбуждаемаго электричества и напряженіе онаго не зависитъ отъ числа точекъ касанія плитокъ. Мѣдная плитка и цинковая показываютъ одинакую силу электричества, будутъ ли онѣ прикасаться широкими плоскостями или только краями.

5) Родъ электричества и напряженіе онаго на парѣ равныхъ плитокъ зависитъ отъ природы ихъ. Наприм. если расположить слѣдующіе металлы въ порядкѣ:

цинкъ, свинецъ, олово, желѣзо, мѣдь, серебро; то, во время прикосновенія двухъ металловъ, предшествующій получаетъ $+$E, а послѣдующій — E. Слѣдственно мѣдь прикасаясь къ серебру становится электро-положительною; а прикасаясь къ цинку дѣлается электро-отрицательною. Количество разлагаемаго электричества, при равныхъ прочихъ обстоятельствахъ, бываетъ болѣе между тѣми изъ сихъ металловъ, кои въ ономъ ряду отстоятъ далѣе одинъ отъ другаго. На прим. отъ прикосновенія цинка къ мѣди болѣе возбуждается электричества, нежели отъ прикосновенія желѣза къ мѣди.

6) Пока оба прикасающіеся металла имѣютъ одинакую величину, то силы электричествъ того и другаго остаются одинаковы. Ежели примемъ за 1-цу количество разложеннаго электричества отъ прикосновенія цинковой плитки къ мѣдной, изъ коихъ каждая равна 1 квадр. дюйму, при толстотѣ въ 1 линію; то количество и сила электричества на цинкѣ будетъ $+\frac{1}{2}$, а на мѣди $-\frac{1}{2}$. Еслиже цинковая плитка останется равною 1 квадр. дюйму, а мѣдная будетъ равна 2 или 3 или болѣе квадр. дюймамъ; то $-\frac{1}{2}$ E, распространившись по ея поверхности, сдѣлается вдвое или втрое слабѣе, и перестанетъ уравновѣшивать дѣйствіе электровозбудительной силы, которая посему разложитъ снова нѣкоторую часть естественнаго электричества, и измѣнитъ количество и напряженія электричества на цинкѣ и мѣди, слѣдующимъ образомъ. Ежели цинковая плитка $zn = 1$ квадр. дюйму, а мѣдная $cn = 2$ квадр. дюймамъ (фиг. 309); то сила электричества на цинкѣ сдѣлается $= \frac{2}{3}$, а на мѣди $-\frac{1}{3}$; количество же электричества на цинкѣ будетъ $= \frac{2}{3}$, а на мѣди $-\frac{2}{3}$.

Ежели $zn = 1$ квадр. дюйму (фиг. 310), а $cn = 3$ квадр. дюймамъ; то сила электричества на zn будетъ $= \frac{1}{4}$, а на cn сдѣлается $= -\frac{3}{4}$. Количество же электричества на zn будетъ $= + \frac{1}{4}$, и на мѣди $- \frac{3}{4}$; и такъ далѣе. Наконецъ, ежели мѣдную плитку сообщить съ землею, или увеличить ея объемъ до безконечности; то ея электричество ослабѣетъ до нуля; а на цинкѣ сдѣлается $= + 1$.

479. *Сужденіе о томъ же предметѣ.* — Нѣтъ ни какой причины думать, чтобы, во время прикосновенія разлагалось естественное электричество только въ мѣди или цинкѣ, какъ предполагаютъ многіе Физики; ибо сею гипотезою весьма неудовлетворительно изъясняется раздѣленіе электричества въ парѣ плитокъ, имѣющихъ различныя величины. Естественнѣе принять, что положительное электричество отъ обѣихъ плитокъ устремляется на цинкъ, а отрицательное на мѣдь; что наибольшее напряженіе $+ E$ находится на краю az цинковой плитки zn (фиг. 311), и отъ az къ bc ослабѣваетъ пропорціонально разстоянію, и потому можетъ быть изображено площадью Δazc; что наибольшее напряженіе $- E$ находится на краю bc мѣдной плитки cn, а отъ bc къ az ослабѣваетъ пропорціонально разстоянію, и потому можетъ быть изображено площадью $\Delta\, abc$. Положимъ, что $zn = cn = 1$ квадр. дюйму, то будетъ $\Delta acz = \Delta abc = 1$ квадр. дюйму: а проведя $doe \# ab$, увидимъ, что электричества $+ moc$ и $- coe$, какъ равныя и находящіяся на одномъ металлѣ, взаимно уравновѣшиваются; также электричества $+ ado$ и $- aon$ равныя и находящіяся на другомъ металлѣ, также уравновѣшиваются. Слѣдствен-

но на цинкѣ остается положительнаго электричества $zdom = +\frac{1}{2}$, а на мѣди $bnoe = -\frac{1}{2}$.

Когда цинковая плитка $zn = 1$ квадр. дюйму (фиг. 309), а мѣдная $cz = 2$ квадр. дюйм.; то все возбужденное количество положительнаго электричества изобразится площадью $\triangle zac$, а количество отрицательнаго электричества площадью $\triangle abc$. Проведя $doe \# ab$, найдемъ $om = \frac{1}{3}mn$; электричества $+moc$ и $-coe$ на мѣди уравновѣсятся; также и $+aod$ и $-aon$ на цинкѣ уравновѣсятся: и останется на цинкѣ электричество $zmod = +\frac{2}{3}$, а на мѣди $nogh = -\frac{1}{3}$, $begh = -\frac{1}{3}$.

Ежели $zn = 1$ квадр. дюйм., а $on = 4$ квадр. дюйм. (фиг. 310); то электричество на цинкѣ найдется $= +\frac{3}{4}$ а на мѣди $nh = -\frac{1}{4}$, $gn = -\frac{1}{4}$, $el = -\frac{1}{4}$.

Ежели $cn = 100\, zn$, то на ней сила электричества будетъ $= -\frac{1}{101}$; а на цинкѣ $= -\frac{100}{101}$. Наконецъ, ежели $en = \infty$; то сила ея электр. сдѣлается $= 0$, а на цинкѣ будетъ $= +1$.

Совокупное дѣйствіе нѣсколькихъ гальваническихъ паръ.

480. Ежели къ мѣдной плиткѣ c (фиг. 312) прикоснуться двумя цинковыми z, z' съ противоположныхъ сторонъ; то на нихъ во все не окажется электричества: ибо въ семъ случаѣ двѣ равныя электривозбудительныя силы дѣйствуютъ на естественное электричество мѣди съ противныхъ сторонъ; а потому ихъ дѣйствія взаимно уравновѣшиваются. Электричества уравновѣшиваются и тогда, когда плитки z, z', будутъ весьма различной величины. — Сіе дѣйствіе весь-

ма хорошо подтверждается слѣдующимъ опытомъ Вольты. Возьмемъ полоску cz (фиг. 313), состоящую изъ мѣдной плитки c, припаянной къ цинковой z, и мѣдною частію c прикоснемся къ верхнему кругу кондесатора; то сей послѣдній тотчасъ зарядится отрицательнымъ электричествомъ. Но если къ тому же кругу прикоснутся цинковою полоскою, то на кондесаторѣ не будетъ никакихъ признаковъ электричества: потому что въ семъ случаѣ на цинкъ будетъ дѣйствовать мѣдь съ двухъ сторонъ. — Впрочемъ, если между кругомъ ab и кругомъ c положить лоскутокъ бумаги, намоченой водою или соленымъ растворомъ, тогда конденсаторъ зарядится положительнымъ электричествомъ. Ибо жидкость, имѣя почти ничтожную электровозбудительную силу, позволитъ электричеству съ цинка переходить на мѣдный кругъ; но недопуститъ сіи два метала до прикосновенія.

Такимъ же образомъ, когда цинковая плитка z' на фиг. 312, приложенная къ мѣдной c, будетъ отдѣлена отъ оной влажною бумагою ab; то ея электровозбудительная сила не будетъ дѣйствовать на c, но только объемъ плитки c увеличится объемомъ z'. И ежели $z = c = z' = 1$ квадр. дюйму, то (фиг. 478,6) окажется на .... c, z, c'
количество электр. ..... $+\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}$.

А если къ плиткѣ z, приложить мѣдную плитку c' (фиг. 414), то окажется на z, c, z', c'
количество электрич. $+1, 0, 0, -1$.

Ибо, отъ прикосновенія z къ плиткѣ c, увеличенной двумя объемами z', c', возбужденное электричество
на z, c, z', c', будетъ
$+\frac{3}{4}, -\frac{1}{4}, -\frac{1}{4}, -\frac{1}{4}$;

а отъ прикосновенія z' къ c', $+\frac{1}{4}, +\frac{1}{4}, +\frac{1}{4}, -\frac{1}{4}$

И того........ $+1, \quad 0, \quad 0, -1$

481. Сіи основные опыты показали Вольтѣ, что двѣ пары плитокъ имѣютъ электровозбудительную силу вдвое болѣе силы одной пары; и привели его къ заключенію, что 3, 4, 10, 20, .. — паръ таковыхъ плитокъ, сложенныхъ въ одинакомъ порядкѣ, будутъ оказывать электровозбудит. силу въ 3, 4, 10, 20 ... разъ большую силы одной пары. Это по теоріи выводится слѣдующимъ образомъ:

Къ мѣдной плиткѣ c' приложимъ влажную бумагу $a'b'$, а къ оной — цинковую плитку z'' и мѣдную c'' (фиг. 315); то

на z, c, z', c', z'', c'', окажется электричество $\frac{3}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{3}{2}$.

Ибо, отъ прикосновенія z' къ c', количество разложеннаго электричества будетъ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

отъ z и c ... $\frac{5}{6}, -\frac{1}{6}, -\frac{1}{6}, -\frac{1}{6}, -\frac{1}{6}, -\frac{1}{6}$

отъ z'' и c'' ... $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}, -\frac{5}{6}$

Сумма..... $\frac{5}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{5}{2}$

На четырехъ парахъ плитокъ.

z, c; z', c'; z'', c''; z''', c''';

будетъ 2, 1; 1, 0; 0, — 1; — 1, — 2.

На шести парахъ нашли бы

3, 2; 2, 1; 1, 0; 0, — 1; — 1, — 2; — 3

и такъ далѣе. Выводы сіи чрезвычайно важны: они показываютъ, что всякая система паръ плитокъ, соединенныхъ вышеозначеннымъ образомъ, должна обнаруживать на своихъ концахъ силу электричества, пропорціональную числу паръ; что электричество сіе осла-

бѣваетъ отъ концовъ къ срединѣ въ ариѳметической прогрессіи; что одна половина ряда содержитъ $+$ E а другая $-$ E въ равной степени напряженія; что когда въ ряду находится четное число паръ, то средняя пара не должна имѣть электричества; когда же находится не четное число паръ, то средняя пара имѣетъ $+\frac{1}{2}$ и $-\frac{1}{2}$ электричества; что плитки, находящіяся въ равныхъ разстояніяхъ отъ концовъ имѣютъ равносильныя электричества; и, наконецъ, что всякія двѣ плитки, отдѣленныя влажнымъ проводникомъ имѣютъ одинакія количества электричества; и что разность между электричествами каждыхъ двухъ прикасающихся плитокъ постоянна и $=1$.

482. Сія же самая теорія показываетъ, что, если одинъ конецъ ряда паръ плитокъ сообщится съ землею; то его электричество сдѣлается ничтожнымъ, распространившись по огромному земли: но на другомъ концѣ электричество сдѣлается вдвое сильнѣе. Мы видѣли (479), что когда мѣдная плитка одной пары z, c, сообщится съ землею; то

на z, c будетъ

электричество $+1$, 0.

Возмемъ теперь двѣ пары z, c, z', c', отдѣливъ ихъ влажною бумагою, и сообщимъ c' съ землею: тогда

	z,	c;	z'	c'
на				будетъ
отъ пары z и c,	1,	0,	0,	0
отъ пары z' и c',	1,	1,	1,	0.
Всего...	2,	1,	1,	0.

Такимъ же образомъ найдется на трехъ парахъ:

3, 2; 2, 1; 1, о.

На шести парахъ: 6, 5; 5, 4; 4, 3; 3, 2; 2, 1; 1, 0.

Взявъ сумму электричества сего послѣдняго ряда, найдется $36 = 6^2$. А сіе показываетъ, что *весь зарядъ системы шести паръ плитокъ долженъ быть пропорціоналенъ квадрату электричества послѣдней плитки, или квадрату числа паръ.* Во всѣхъ опыхъ случаяхъ мы предполагали, что металлическія плитки и влажный проводникъ совершенно хорошо проводятъ электричество, и что электровозбудительная сила сего послѣдняго вовся ничтожна.

Сіи-то соображенія привели Вольту къ изобрѣтенію важнѣйшей элактрической машины, извѣстной въ Физикѣ и Химіи подъ именемъ *Вольтова столба*, которая ничто иное есть, какъ соединеніе нѣсколькихъ паръ металическихъ разнородныхъ плитокъ, отдѣленныхъ одна отъ другой влажными проводниками.

483. *Вольтовъ столбъ.* — *Для* составленія Вольтова столба, заготовляютъ нѣсколько мѣдныхъ плитокъ круглыхъ или четыреугольныхъ, и столько же цинковыхъ; сверхъ того запасаютъ столько же суконныхъ или картонныхъ кружковъ, и намачиваютъ оные растворомъ нашатыря или слабою селитреною кислотою. Потомъ, на уединяющую подставку кладутъ мѣдную плитку, потомъ цинковую и мокрое сукно; послѣ того опять мѣдь, цинкъ и мокрое сукно, и т. д. Отъ сего составится вертикальная колонна, оканчивающаяся сверху цинкомъ, а снизу мѣдью (фиг. 316). Крайнія плитки дѣлаются съ закраинами, имѣющими отверстія либо крючки, за кои прицѣпляются мѣдныя проволоки; сіи послѣднія продѣваются сквозь стеклянныя трубочки, залитыя сургучемъ, и служатъ для проведенія электричества въ какое угодно мѣсто. Конецъ Вольтова столба, оканчивающійся *цинкомъ*, называется *полюсомъ*

положительнымъ, а оканчивающійся мѣдью — *полюсомъ отрицательнымъ*; потому что на первомъ въ наибольшей степени оказывается + E, а на второмъ — E.

484. Испытывая силу свободнаго электричества каждой пары уединеннаго Вольтова столба (посредствомъ хорошаго конденсатора и вѣрнаго электрометра) найдется, что одна его половина заряжена электричествомъ положительнымъ, а другая отрицательнымъ; что электричества сіи начинаются отъ середины и одинакимъ образомъ возрастаютъ до самыхъ полюсовъ. Ежели отрицательный полюсъ сообщить съ землею, то его электричество ослабѣетъ до нуля; за то сила электричества другаго полюса увеличится вдвое; весь столбъ окажется заряженъ положительнымъ электричествомъ, которое отъ мѣднаго полюса къ цинковому будетъ возрастать въ ариѳметической прогресіи (почти). Обратное сему произойдетъ, когда будетъ сообщенъ съ землею полюсъ положительный.

Законъ распредѣленія электричества между элементами Вол. столба не будетъ въ точности таковъ, какой былъ выведенъ (482) чрезъ одно умозрѣніе: потому что нѣтъ ни одной жидкости, которая бы въ соприкосновеніи съ металлами вовся неоказывала элек-

---

(*) При испытаніи электричества на Вол. столбѣ надлежитъ между испытуемымъ элементомъ онаго и конденсаторомъ дѣлать сообщеніе лучшимъ образомъ. На прим. желая испытать электричество полюса A столба AB (фиг. 317), ставятъ на него желѣзную чашечку съ чистою ртутью, и въ нее опускаютъ конецъ проволоки, идущей отъ конденсатора.

тровозбудительной силы: но довольно для насъ и того, что онъ къ ней весьма близокъ.

485. Сила свободнаго электричества полюсовъ Вол. столба пропорціональна числу его паръ (элементовъ). Она независитъ отъ ширины сихъ элементовъ: и дѣйствительно, два столба, сдѣланные изъ одинакаго числа паръ весьма различной величины, при одномъ и томъ же влажномъ проводникѣ, оказываютъ на своихъ полюсахъ одинакую силу электричества, и заряжаютъ конденсаторъ тождественнымъ образомъ. Количество же электричества въ Вол. столбѣ совершенно зависитъ отъ ширины его элементовъ (478,3).

Посему-то, когда желаютъ увеличить электрическое напряженіе Вол. столба, то составляютъ его изъ нѣсколькихъ сотъ паръ. Въ семъ случаѣ, для избѣжанія многихъ не удобствъ, дѣлаютъ оный столбъ *горизонтальнымъ*, располагая его въ деревянномъ ящикѣ, внутри покрытомъ смолою. При семъ не рѣдко мѣдныя плитки спаиваютъ съ цинковыми, и вставляютъ поперегъ ящика цинковыми половинами въ одну, а мѣдными въ другую сторону, отдѣляя каждую пару влажнымъ проводникомъ (фиг. 318).

Для полученія большей силы, иногда при опытахъ употребляютъ нѣсколько таковыхъ столбовъ, соединяя оные разноимянными полюсами (фиг. 319). Снарядъ, состоящій изъ нѣсколькихъ таковыхъ столбовъ, называется *Гальваническою баттереею.*

486. Для полученія же большаго количества электричества, или соединяютъ нѣсколько равносильныхъ Вол. столбовъ *одноимянными полюсами* (фиг. 320): въ семъ случаѣ элементы одною будутъ, такъ сказать, продолженіемъ элементовъ другаго; или дѣлаютъ Вол.

столбы съ широкими элементами, каковы представлены на фиг. 321, 322. Оба сіи снаряда суть ничто иное, какъ усовершенствованный Вольтовъ *стаканный приборъ*. Въ первомъ каждый элементъ cz, $c'z'$,... состоитъ изъ мѣднаго и цинковаго листовъ, спаянныхъ между собою краями a, a', a'',... Всѣ сіи элементы прикрѣпляются къ деревянному бруску, посредствомъ коего всѣхъ ихъ можно вдругъ поднимать и опускать въ слабый кислотный растворъ, налитый въ стеклянные, фаянсовые или деревянные сосуды, такъ чтобы въ каждый сосудъ погружались листы цинковый z и мѣдный c' двухъ смѣжныхъ паръ. — Во второмъ снарядѣ также цинковые листы z, z', z'',... спаяны съ мѣдными c, c', c'',... въ a, b, c,... : только мѣдный листъ c перваго элемента обходитъ около цинковаго листа z' втораго элемента, но къ оному не прикасается; мѣдный листъ c' втораго элемента обходитъ около цинковаго листа z'' втораго элемента, и т. д. Элементы сіи прикрѣпляются также къ деревянному бруску, и погружаются въ сосуды наполненные слабымъ кислотнымъ растворомъ. Устроеніе сего снаряда придумано *Волластономъ*. (О галванической баттереѣ съ *элементами спиральными* см. въ Elemens de physique, par M. Pouillet tom. 1, seconde partie, p. 642).

Дѣйствія, производимыя Вольтовымъ столбомъ.

487. Пока полюсы Вол. столба не сообщены между собою, то на нихъ оказываются свободныя электричества, коими можно дѣйствовать на электроскопы, можно заряжать конденсаторы и Лейденскія банки до

такой степени силы, какова свойственна его полюсамъ. Ежели проводники, идущіе отъ его полюсовъ, приблизить почти до прикосновенія; то между ими являются искры, впрочемъ весьма малыя. Онѣ происходятъ непрерывно; потому что В. столбъ безпрестанно заряжается, по мѣрѣ его разряженія. Прекрасныя искры получаются, опустивъ одну полюсную проволоку въ ртуть, а другою прикасаясь къ поверхности ртути.

488. Ежели сообщить проволокою полюсы Вол. столба, то исчезаютъ на нихъ всѣ признаки свободнаго электричества: потому что разнородныя электричества полюсовъ будутъ свободно между собою соединяться. Всѣ элементы Вол. столба пришли бы тотчасъ въ естественное состояніе, если бы не продолжалось прикосновеніе между цинкомъ и мѣдью: но сіе прикосновеніе удерживаетъ электро-возбудительную силу въ дѣятельности; отъ чего, электричества, по мѣрѣ ихъ соединенія, снова разлагаются, и + E побуждается къ полюсу положительному, а — E къ полюсу отрицательному. Слѣдовательно, какъ внутри сообщающей проволоки, такъ и внутри В. столба происходитъ непрерывное движеніе двухъ разнородныхъ электричествъ въ противныя стороны, называемое *электрическимъ токомъ* или *струею*. — Пропуская электрическую струю сквозь различныя тѣла природы, способныя проводить электричество, узнаны такія дѣйствія оной, открытіемъ коихъ содѣлались безсмертными имена многихъ новѣйшихъ ученыхъ.

489. Ежели влажными руками взяться за полюсныя проволоки; то, въ первое мгновеніе, чувствуется въ рукахъ, плечахъ, а иногда и далѣе, болезненное сотрясеніе, похожее на ударъ отъ Лейденской банки; и по-

томъ болезненное ощущеніе продолжается до толѣ, пока электрическая струя проходитъ чрезъ руки испытующаго. Если одною рукою держаться за одну полюсную проволоку, а другою прикоснуться къ какой нибудь части лица, близкой къ глазамъ, или къ серебренной пляткѣ положенной въ ротъ; то, кромѣ потрясенія, ощущается пролетающій свѣтъ, будутъ ли глаза открыты или закрыты, а во рту — весьма непріятный вкусъ. — Электрическая струя, проведенная сквозь мускулы не давно убитыхъ животныхъ, приводитъ оные въ сильныя и необыкновенныя движенія. — Опыты Гг. *Мажанди* и *Пулье* показали, что симъ способомъ можно тотчасъ пробуждать животныхъ, подвергнувшихся замиранію (asphixie).

490 Дѣйствія элек. струи на листочки и проволоки металлическія суть тѣже самыя, кои производятся разрядами электрическихъ баттерей: листочки золота или серебра, повѣшенныя на одной полюсной проволокѣ, отъ прикосновенія къ нимъ другой, весьма скоро сгараютъ. Сими же искрами можно зажигать винный спиртъ, гвоздичное масло, фосфоръ, сѣру, уголь, графитъ, и проч. Ежели проводить электрическую струю сквозь проволоки довольно тонкія; то она ихъ разгорячаетъ, иногда дѣлаетъ раскаленными, иногда плавитъ, сожигаетъ, или превращаетъ въ пары.

491. Горѣніе металлическихъ проволокъ въ струѣ галваническаго электричества происходитъ только тогда, когда онѣ находятся въ воздухѣ или кислородномъ газѣ. Но, ежели опытъ произвести въ пустотѣ, либо въ газѣ азотномъ; то проволоки могутъ только калиться или плавиться. Кусочки угля, обдѣланные въ видѣ остріевъ, и надѣтые на концы сообщительныхъ

проволокъ, при взаимномъ прикосновенiи, становятся чрезвычайно свѣтящимися, но не уменьшаются въ объемѣ своемъ. Ежели при семъ употреблена будетъ весьма сильная баттерея; то, даже при отдаленiи угольныхъ остріевъ, оказывается между ими электрическая струя ослѣпительнаго свѣта.

492. Для произведенiя раскаленiя и плавленiя потребны не многiе элементы Вол. столба; только бы они имѣли большую ширину: ибо *сiе дѣйствiе преимущественно зависитъ отъ количества электричества.* Чильдренъ (въ Лондонѣ) для таковыхъ опытовъ употреблялъ Волластоновскiй столбъ изъ 21 элементовъ, у коихъ каждый цинковый листъ имѣлъ поверхность въ 32 квадр. фута; а влажнымъ проводникомъ была вода, содержащая въ растворѣ около $\frac{1}{20}$ части селитреной и сѣрной кикислоты. Употребляя полюсныя проволоки изъ разнородныхъ металловъ одинакой длины и толстоты (именно въ 8 дюйм. длиною и $\frac{1}{5}$ линiи въ дiаметрѣ), и приводя оныя до взаимнаго прикосновенiя, Чильдренъ получилъ нѣкоторыя замѣчательныя слѣдствiя: Когда была взята проволока *золотая* и *желѣзная;* то первая не измѣнялась, вторая же дѣлалась раскаленною.

Платина и *золото*: платина дѣлается раскаленною, и золото не измѣняется.

Золото и *серебро*: одно золото приходитъ въ раскаленiе.

Золото и *мѣдь*: оба приходятъ въ раскаленiе.

Платина и *желѣзо*: платина калится до бѣла, а желѣзо плавится.

Платина и *цинкъ*: одна платина калится до бѣла.

Желѣзо и *цинкъ*: одно желѣзо плавится.

Цинкъ и *серебро:* одинъ цинкъ приходитъ въ раскаленіе и плавится, а серебро не измѣняется.

Изъ сихъ опытовъ видно, что электрическая струя производитъ сильнѣйшее возбужденіе теплорода въ тѣхъ металлахъ, кои хуже проводятъ электричество.

Употребивши воду съ большимъ количествомъ кислоты для зараженія сей же баттереи, Чильдреиъ получилъ дѣйствія гораздо сильнѣйшія. Платинная проволока отъ 5 до 6 футовъ длиною, толщиною въ 1 линію, сдѣлалась до бѣла раскаленною. Квадратная платинная полоска, въ 2 линіи толщиною и въ $2\frac{1}{2}$ дюйма длиною, пришла въ плавленіе. Разные землистые окислы также плавились и отчасти возстановлялись.

Робертъ Гаръ посредствомъ своего *дефлагратора* успѣлъ привести въ плавленіе даже уголь и графитъ.

493. Ежели стеклянную трубку завязать пузыремъ съ одного конца, опустить симъ концомъ въ соленой растворъ, и налить сего раствора въ самую трубку до такой же высоты; потомъ опустить въ сосудъ съ растворомъ проволоку положительнаго полюса, а въ трубку — проволоку отрицательнаго полюса: то, минутъ чрезъ 20, растворъ въ трубкѣ поднимется выше прежняго на нѣсколько дюймовъ. Сіе замѣчательное дѣйствіе электрической струи открыто Г. Порретомъ 1816 года (фиг. 320).

Ежели въ обращенный сифонъ налить ртути до высоты 3 или 4 дюймовъ, и въ одинъ рукавъ налить соленаго раствора, въ который опустить проволоку отрицательнаго полюса; то, чрезъ короткое время, весь растворъ перейдетъ во второй рукавъ. — Оба сіи явленія доселѣ остаются безъ надлежащаго изъясненія.

494. Вольтовъ столбъ въ рукахъ Химиковъ считается драгоцѣннѣйшимъ орудіемъ для произведенія разложеній тѣлъ. *Карлиль* и *Никольсонъ* первые узнали, что силою электрической струи можно производить разложеніе воды. Стоитъ только опустить полюсныя проволоки (кои въ семъ случаѣ должны быть платинныя) въ сосудъ съ водою, не доводя оныя до взаимнаго прикосновенія, тотчасъ увидимъ, что газъ кислородный начнетъ мелчайшими пузырьками получаться при полюсѣ положительномъ, а газъ водородный при полюсѣ отрицательномъ (при семъ опытѣ всегда надлежитъ приливать въ воду селитреной кислоты, чтобъ увеличить ея проводящую способность). — *Крюикшанкъ* открылъ потомъ разложеніе уксуснокислаго свинца; а *Деви* показалъ, что Вол. столбомъ разлагаются всѣ соли: при семъ кислота освобождается при полюсѣ положительномъ, а соленое основаніе при полюсѣ отрицательномъ. Наконецъ *Берцелліусъ*, *Гизингеръ* и *Деви* узнали, что всѣ кислоты и окислы могутъ быть симъ же способомъ разложены.

Опыты показали, что *химическія дѣйствія Вол. столба зависятъ главнѣйше отъ электрическаго напряженія его полюсовъ*. А какъ сила электричества полюсовъ пропорціональна числу элементовъ; то, для полученія большаго дѣйствія отъ В. столба, лучше увеличивать число его элементовъ, нежели поверхность оныхъ.

495. Всѣ дѣйствія Вол. столба необходимо еще зависятъ отъ проводящей способности влажнаго проводника, сообщающаго его элементы. Ежели влажный проводникъ не довольно совершенно проводитъ электричество отъ одной пары до другой (на прим. чистая во-

да); то и электричество Вол. столба бываетъ безсильно. Ибо, по мѣрѣ того, какъ полюсы теряютъ свое электричество, сія потеря ихъ медленно вознаграждается. Лучшимъ влажнымъ проводникомъ считается вода содержащая въ растворѣ $\frac{1}{10}$ селитреной кислоты, и $\frac{1}{16}$ сѣрной кислоты.

496. Разложеніе и переходъ раздѣленныхъ началъ къ полюсамъ произходитъ не только въ сложныхъ тѣлахъ, подверженныхъ дѣйствію электрической струи, но и въ самыхъ влажныхъ проводникахъ, сообщающихъ элементы Вол. столба. Ежели элементы состоятъ изъ плитокъ мѣди и цинка, спаянныхъ между собою, и отдѣленныхъ кружками сукна, намоченнаго въ растворѣ соленокислаго натра; то, сообщивъ проволокою полюсы онаго столба, и оставивъ на нѣсколько дней, окажется, что не только вся сія соль будетъ разложена, но что даже частички окисленнаго цинка были переносимы на мѣдь слѣдующей пары сквозь влажное сукно ихъ раздѣляющее, и даже вездѣ на ней возстановились. А если металлическія плитки не припаяны одна къ другой, то найдется, что, по всей длинѣ столба, мѣдь стремилась на цинкъ, съ коимъ была въ соприкосновеніи, и точно въ ту сторону, въ которую переходилъ цинкъ на мѣдь сквозь сукно. Въ семъ случаѣ мѣдь прилипающая къ цинку иногда сохраняетъ свой блескъ, а иногда съ нимъ соединяется и составляетъ латунь. Сіе-то накопленіе металлическихъ частицъ и окисла на элементахъ Вол. столба ослабляетъ постепенно электро-проводность самихъ элементовъ и остающейся жидкости между ними; уравновѣшиваетъ болѣе и болѣе электровозбудительную силу каждой пары; отъ сего дѣйствіе Вол. столба стано-

вится постепенно слабѣе, и наконецъ дѣлается вовся неощутительнымъ (*).

497. Изъ предъидущаго видно, что, если вмѣсто влажнаго проводника можно было бы употребить сухой, немогущій разлагаться, то составился бы галванический приборъ, непрерывно дѣйствующій. Устроеніемъ такого электровозбудителя занимались многіе ученые еще съ 1803 года; и, въ 1812 году, *Замбони*, Веронскій Профессоръ, сдѣлалъ галваническую колонну, которой дѣйствіе, впрочемъ весьма слабое, можетъ сохраняться нѣсколько лѣтъ безъ примѣтнаго уменьшенія. Элементы онаго столба дѣлаются изъ бумажныхъ кружковъ, обклеенныхъ съ одной стороны тонкими листочками цинка, а съ другой — порошкомъ чернаго марганца (можно также вторую половину позолотить, или посеребрить, или покрыть мѣдью). Заготовивъ такихъ элементовъ до 2000 или болѣе, кладутъ ихъ въ одну колонну такъ, чтобы цинковая поверхность одного прикасалась къ марганцовой поверхности другаго. Приготовленную колонну сжимаютъ крѣпко по направленію оси; связываютъ шелковыми нитками; боковую поверхность ея покрываютъ гум-

---

(*) *Біотъ* и *Ф. Кювье* замѣтили, что Вол. столбъ поглощаетъ кислородъ изъ воздуха во все время его дѣйствія; что сіе поглощеніе весьма благопріятствуетъ его дѣйствію, и бываетъ даже необходимо, когда влажный проводникъ не довольно хорошъ. Вертикальный столбъ, закрытый стекляннымъ колоколомъ, послѣ совершеннаго поглощенія кислорода изъ воздуха его окружающаго, оказываетъ едва замѣтное дѣйствіе: но онъ снова приходитъ въ дѣйствіе, ежели впустить подъ колоколъ новое количество кислорода.

милакомъ для предохраненія отъ воздуха; потомъ заключаютъ въ стеклянную трубку, и къ полюсамъ придѣлываютъ мѣдныя оправы. — Очевидно, что здѣсь возбуждается электричество отъ прикосновенія окисла марганца къ цинку; а бумага служитъ проводникомъ.

Сей столбъ хотя не оказываетъ химическихъ дѣйствій, но всегда имѣетъ полюсы въ электрическомъ состояніи; потому что дѣйствуетъ на электроскопы, заряжаетъ конденсаторы, и проч.

498. *Боненбергеръ* употребилъ Замбоніевы столбы для устроенія весьма чувствительнаго электроскопа, которой состоитъ изъ листочка с золота, повѣшеннаго между двумя столбиками a, b сухаго галванизма (фиг. 323), изъ коихъ одинъ обращенъ внизъ полюсомъ положительнымъ, а другой — полюсомъ отрицательнымъ. Оба столбика заключаются въ стеклянной банкѣ и прикрѣпляются къ ея мѣдной крышкѣ. Въ сей же крышкѣ утверждается стеклянная трубочка, сквозь которую проходитъ мѣдный стержень, поддерживающій снизу золотой листокъ, а сверху — кондесаторъ. Ежели отъ сего кондесатора листочку c, сообщить на прим. +E, то онъ тотчасъ притянется къ отрицательному полюсу. Такимъ образомъ электроскопъ сей не только можетъ обнаруживать электричество, но и показывать родъ его.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ЭЛЕКТРО-ДИНАМИЧЕСКІЯ ЯВЛЕНІЯ.

499. Въ 1820 году *Амперъ*, славный Французскій ученый, открылъ, что части одной и той же проволоки, сообщающей полюсы Вол. столба, оказываютъ одна на другую особенныя механическія дѣйствія, служащія источникомъ многихъ любопытныхъ и совершенно не ожиданныхъ явленій; онъ же вскорѣ потомъ узналъ, что земной Шаръ оказываетъ свое дѣйствіе на сообщительныя проволоки, и стремится онымъ дать извѣстное направленіе. Сіи-то явленія назвалъ Амперъ *электродинамическими*.

При краткомъ обозрѣніи сихъ явленій, мы будемъ называть *электрическимъ токомъ*, *электрич. струею* (courant éléctrique) одно теченіе *положительнаго* электричества въ проволокѣ, сообщающей полюсы Вол. столба, подразумѣвая, что отрицат. электричество всегда стремится въ ней въ противную сторону.

Взаимное дѣйствіе электрическихъ токовъ.

500. Чтобы видѣть взаимное дѣйствіе элек. токовъ, надобно какую нибудь часть сообщительной проволоки сдѣлать подвижною, не прекращая сообщенія между полюсами Вол. столба; должно сдѣлать еще движеніе сего подвижной части независимымъ отъ дѣйствія тяжести, и отъ выше-помянутаго дѣйствія земли на электрическую струю. Для сего употребляются подвижные проводники фиг. 324, 325, 326. Каждый изъ нихъ состоитъ изъ мѣдной проволоки *xabcd* . . . , оканчивающейся двумя стальными остріями *x*, *y*, кои ле-

жатъ въ одной вертикальной прямой, проходящей чрезъ центръ тяжести онаго проводника. Сія проволока согнута въ видѣ двухъ четыреугольниковъ, въ коихъ электрическій токъ долженъ итти въ противныя стороны, дабы дѣйствіе земли на одну половину уравновѣшивалось противодѣйствіемъ на ея другую половину. Проводникъ, освобожденный отъ дѣйствія земли называется *астатическимъ*. Такой проводникъ привѣшивается остріями своими въ двѣ неподвижныя металлическія чашечки, наполненныя ртутью. Ежели въ чашечку *x* опустить положительную полюсную проволоку Вол. столба, а въ чашечку *y* — проволоку отрицательную; то электрическій токъ пойдетъ по *xabcd*... и возвратится къ *y*. Тогда къ проволокѣ *dc* надлежитъ поднести проволоку *mn* съ электрическимъ токомъ, чтобы видѣть взаимное дѣйствіе *cd* и *mn*.

Дѣйствіе произойдетъ гораздо сильнѣе, если, вмѣсто одного тока *mn*, проведемъ близъ *cd* нѣсколько токовъ направленныхъ въ одну сторону. Для сей цѣли употребляется деревянная рамка *mnpq* (фиг. 327), по окружности коей обходитъ мѣдная проволока, дѣлающая нѣсколько оборотовъ. Сія проволока обвита шелкомъ, дабы между ея оборотами не было сообщенія, и служитъ для проведенія электрическаго тока, и для умноженія силы его. Сей приборъ мы будемъ называть *мултипликаторомъ*.

Для привѣшиванія подвижныхъ проводниковъ, и проведенія электричества по онымъ, при большей части опытовъ, можно употреблять слѣдующій приборъ, который впередъ будемъ называть *токо-проводомъ*. Онъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей: LL′ (фиг. 328) есть толстая деревянная доска, приводимая въ горизонталь-

ное положеніе посредствомъ четырехъ винтовъ. AB, EF два мѣдныхъ столбика, кои на двухъ мѣдныхъ стержняхъ CD, FG, поддерживаютъ мѣдныя чашечки x, y: сіи чашечки расположены одна надъ другою, и служатъ для привѣшиванія различныхъ подвижныхъ проводниковъ; на днѣ ихъ укрѣплены стеклянныя шляпки. R, R′ суть два вырѣза, сдѣланные въ доскѣ, и наполненные ртутью; въ нихъ-то надлежитъ опускать полюсныя проволоки Вол. столба: m, m', n, n' четыре чашечки, вырѣзанныя въ доскѣ, и также наполненныя ртутью; изъ нихъ m сообщается съ столбикомъ AB, а n сообщается съ EF. Сверхъ сего m, n' и m', n сообщаются между собою мѣдными пластинками прикрѣпленными къ доскѣ LL′, кои, при переходѣ одна черезъ другую, отдѣляются шелковою лентою. Изъ сего расположенія видно, что, если сообщить m' съ R, а n съ R′, опустивши въ R проволоку положительнаго полюса; то электрическій токъ начнетъ возходить по EF и низходить по AB (предполагая, что чашечки x, y, сообщены подвижнымъ проводникомъ): но если сообщить m съ R, а n съ R′, то струя будетъ возходить по AB, и низходить по EF. Сіе сообщеніе можно дѣлать посредствомъ мѣдныхъ полосокъ, загнутыхъ на подобіе дугъ.

Важнѣйшія явленія, производимыя электрическими токами суть слѣдующія:

а). *Послѣдовательныя части одной и той же электрической струи взаимно отталкиваются.* — Чтобъ увѣриться въ ономъ дѣйствіи берутъ фаянсовое или стеклянное блюдо (фиг. 329), раздѣленное на двѣ половины стеклянною перегородкою mn. Въ обѣ сіи половины вливаютъ ртути, и на ея поверхность кладутъ

проводникъ *abcde*, такъ чтобы его два параллельные конца лежали по объ стороны *mn*. Сей проводникъ дѣлается изъ мѣдной проволоки, изогнутой такъ, какъ показываетъ фигура, и обвитой шелкомъ, для того чтобы электрическая струя могла проходить по всей ея длинѣ. Потомъ опускаютъ въ ртуть полюсныя проволоки Вол. столба, положительную противъ конца *ab*, а отрицательную противъ *cd*. Тогда электрическій токъ пойдетъ по *abcde*; а сей подвижный проводникъ начнетъ удаляться отъ полюсныхъ проволокъ, и дойдетъ до противолежащаго края сосуда.

d). *Два параллельные тока притягиваются, когда идутъ въ одну сторону, но они взаимно отталкиваются, ежели идутъ въ противныя стороны.* Ибо, если въ чашечки *x*, *y*, *токопровода* (фиг. 328) привѣсить подвижный проводникъ (фиг. 325), и поставить подлѣ него *мултипликаторъ* (фиг. 327), такъ чтобы его бокъ *ab* находился близъ *np*; то откроется, что *ab* будетъ приближаться къ *np* до прикосновенія, когда въ нихъ электрическіе токи будутъ проведены въ одну сторону; въ противномъ же случаѣ проводникъ *ab* удаляется отъ *np*.

e). *Притяженіе двухъ токовъ, идущихъ въ одну сторону, равно ихъ отталкиванію; когда они направлены въ противныя стороны.* И дѣйствительно, если взять проводникъ (фиг. 329), состоящій изъ проволоки *xabcd*..., загнутой такъ, какъ показываетъ фигура; привѣсить его своими остріями *x*, *y*, въ чашечки *x*, *y*, токо-провода; провесть сквозь него электрическій токъ: то сей проводникъ останется безъ движенія, когда параллельно проволокѣ *ef* будетъ поднесенъ токъ возходящій или низходящій.

d). *Дѣйствіе тока прямолинейнаго и тока излучистаго, мало отступающаго отъ вида прямой линіи, суть равны между собою.* Это можно повѣрить посредствомъ проводника (фиг. 330), который составленъ такъ, какъ предъидущій; но у коего по направленію *ef* находится одна проволока прямая, а другая излучистая, обвитыя шелкомъ, въ коихъ электрическіе токи идутъ въ противныя стороны. И сей проводникъ остается безъ движенія, когда параллельно *ef* будетъ поднесенъ токъ возходящій или низходящій.

Изъ сего слѣдуетъ, что *всякій элементъ* **ab** *тока* **mn** (фиг. 331) *можетъ быть замѣненъ дѣйствіемъ двухъ или болѣе малыхъ токовъ* **ac**, **bc**, *и на оборотъ*, подобно тому какъ силу равнодѣйствующую замѣняютъ силами слагающими.

e). *Два конечные тока, составляющіе между собою уголъ, взаимно притягиваются, если они оба направлены къ вершинѣ ихъ угла, или оба удаляются отъ сей вершины: но они взаимно отталкиваются, если одинъ изъ нихъ направленъ къ вершинѣ, а другой удаляется отъ оной.* Это важное свойство можно открыть привѣсивши проводникъ (фиг. 326) въ чашечки *x*, *y*, токопровода, и подъ нимъ поставивши мултипликаторъ **mnpq** такъ, чтобы его бокъ **np** былъ вертикаленъ и проходилъ чрезъ ось **xy**. Дѣлая между **mn** и **cd** разныя углы наклоненія, и проводя по нимъ электрическіе токи, откроется, что, если въ **mn** и **cd** токи будутъ направлены оба къ вершинѣ или оба отъ вершины угла то *dc* поворачивается къ **mn**, пока оба тока сдѣлаются параллельными; въ всякомъ же другомъ случаѣ проволока **cd** отклоняется отъ **mn** въ противную сторону на 180°.

f). *Два прямолинейные тока неопредѣленной длины* *mn*, *cd*, (фиг. 332), *обращаются около общаго ихъ перпендикуляра до толѣ, пока становятся параллельными и направленными въ ту же сторону.* Это есть прямое слѣдствіе дѣйствія угловыхъ токовъ. Ибо, означивъ направленіе токовъ посредствомъ стрѣлокъ, видно, что въ углахъ *con*, *dom* происходитъ притяженіе, а въ углахъ *com*, *don* отталкиваніе. Сіе слѣдствіе подтверждается на опытѣ, употребляя подвижной проводникъ (фиг. 324), и привѣшивая оный надъ бокомъ *mn* мултипликатора такъ, чтобы *mn* и *cd* пересѣкались.

g). *Конечный токъ ab, приближающійся къ току неопредѣленному mn* (фиг. 333), *стремится двигаться въ противную сторону онаго.* Ибо, означивъ направленіе токовъ стрѣлками, видно, что въ углѣ *mab* происходитъ притяженіе, а въ углѣ *nab* отталкиваніе: сими двумя силами каждый элементъ тока *ab* побуждается въ сторону *am*. Ежели проводникъ *ab* при точкѣ *b* имѣетъ ось, около которой онъ можетъ обращаться; то онъ получитъ непрерывное вращательное движеніе въ сторону $a\ a'\ a''\ a'''$. Если же токъ *ab* будетъ удаляться отъ *mn*, то онъ начнетъ двигаться въ противную сторону. — Для повѣренія сего на опытѣ, берутъ цилиндрическій мѣдный сосудъ *vv'* (фиг. 334), имѣющій около своей оси широкую трубу, сквозь которую проходитъ мѣдный стержень *tx* съ своею чашечкою *x*. Сей сосудъ наполняютъ слабымъ кислотнымъ растворомъ; на чашечку *x* привѣшиваютъ подвижный проводникъ *abxcd*, поддерживающій своими концами *a*, *d*, мѣдное кольцо *adef*; и понижаютъ стержень до толѣ, пока сіе кольцо погрузится въ кислот-

ный растворъ. Послѣ сего сообщаютъ стержень t съ полюсомъ положит. Вол. столба, а сосудъ съ полюсомъ отрицательнымъ: слѣдственно въ частяхъ ab, cd, токъ будетъ итти, приближаясь къ окружности сосуда. Тогда, если подлѣ сосуда vv' расположить *сильный* электрическій токъ въ одной горизонтальной плоскости съ $abcd$; то ab начнетъ безпрестанно обращаться въ сторону, противную току mn. Но если перемѣнить направленіе тока въ одномъ подвижномъ проводникѣ, то ab начнетъ обращаться въ сторону тока mn.

Дѣйствіе произойдетъ несравненно сильнѣе, если сосудъ VV' обложить круговымъ мултипликаторомъ SS.

h). *Круговой токъ* SS' (фиг. 335) *не можетъ около оси. образуемаго имъ круга, обращать ни какого проводника xabcd ..., начинающагося и оканчивающагося на оной оси.* Ибо въ части bc токъ приближается къ mn, и потому стремится обращаться назадъ; а въ cd токъ удаляется отъ mn, и стремится обращаться впередъ: слѣдоват. и проч. Тоже произойдетъ, когда проводникъ $abcdef$ будетъ круговой.

Подробнѣе о семъ читай въ Traité élémentaire de physique, par. E. Péclet. tom II.

Дѣйствіе Земли на электрическіе токи.

501. Замѣтимъ предварительно, что земля дѣйствуетъ точно такъ, какъ будто на ея поверхности или во внутренности находятся многія электрическія струи, движущіяся *отъ Востока къ Западу*, и лежащія близъ экватора. Это подтверждаютъ слѣдующія наблюденія.

A. *Горизонтальный проводникъ aSb* (фиг. 336), *могущій свободно обращаться около вертикальной оси* S, *по дѣйствію земли, южною своею частію* aS *вращается отъ запада къ востоку, если въ немъ токъ электрическій идетъ удаляясь отъ оси: но онъ же обращается на западъ, если въ немъ электрическій токъ идетъ отъ окружности къ центру* S. Слѣдственно сіе дѣйствіе произходитъ такъ, какъ будто по южной сторонѣ находится токъ *mn*, идущій отъ востока къ западу. Сіе дѣйствіе подтверждается на опытѣ, употребляя приборъ, показанный на фиг. 334.

B. *Токъ горизонтальный, подвижный около горизонтальной оси, дѣйствіемъ земли выводится въ вертикальной плоскости, проходящей чрезъ него и чрезъ сію ось, и отклоняется къ своей лѣвой сторонѣ.* Чтобы понимать направленіе тока, представляютъ въ немъ лежащаго человѣка, головою обращеннаго къ острію стрѣлки, показывающей направленіе, а лицемъ къ землѣ: тогда правая и лѣвая стороны тока будутъ находиться, одна по правую, а другая по лѣвую руку сего человѣка.

Для сего можно употребить проводникъ (фиг. 337), подвижный около своей оси ah, и состоящій изъ про- *abcdefgh*, загнутой такъ, какъ показываетъ фигура и а порядокъ буквъ (при *f* и *g* между проволоками недолжно быть никакого сообщенія); потомъ поставить сей проводникъ вертикально, и провесть электрическій токъ по направленію *abcdefhg*, какъ показываютъ стрѣлки: то сторона *bc* отклонится впередъ, и сторона *de* назадъ; и это произойдетъ при всякомъ направленіи горизонтальной оси *ah*. — Здѣсь очевидно, что земля дѣйствуетъ только на *bc* и *de*, ибо

ся дѣйствія на be и cd, гдѣ токи идутъ въ противныя стороны, взаимно уравновѣшиваются.

C). *Токъ вертикальный дѣйствіемъ земли поворачивается на западъ, ежели онъ восходитъ, а къ востоку, ежели низходитъ.* Это можно повѣрить посредствомъ подвижнаго проводника $abcd$ (фиг. 338), привѣшеннаго въ двухъ чашечкахъ двумя своими остріями, кои сообщаются съ полюсными проволоками.

D. *Электрическая струя, идущая въ сомкнутомъ проводникѣ, подвижномъ около вертикальной оси, проходящей чрезъ его центръ тяжести, дѣйствіемъ земли обращается, и получаетъ направленіе, перпендикулярное къ магнитному меридіану,* (*) *низходящимъ токомъ на востокъ, а восходящимъ на западъ.* Для повѣренія сего употребляются проводники означенные на (фиг. 339), кои можно привѣшивать къ чашечкамъ x, y, токопровода (фиг. 328).

Какъ для сего случая, такъ и для многихъ другихъ опытовъ, Г. *де ла Ривъ* придумалъ слѣдующій весьма простой проборъ (фиг. 340). Онъ состоитъ изъ пластинки мѣди c и пластинки цинка z, соединенныхъ одна съ другою посредствомъ мѣдной проволоки $abcd$, изогнутой наподобіе кольца, и продѣтыхъ сквозь кусокъ пробки ef. Ежели сей приборъ пустить плавать по кислотному раствору, то въ немъ произойдетъ электрическій токъ въ сторону $zcabcd$; и онъ дѣйствіемъ земли поворотится стороною cd на Востокъ,

(*) Всякому извѣстно, что магнитная стрѣлка всегда концами своими поворачивается къ полюсамъ земли. Плоскость, проходящая чрезъ ось сей стрѣлки и центръ Земли, называется *магнитнымъ меридіаномъ.*

а стороною *ab* на Западъ, перпендикулярно къ магнитному меридіану.

Можно гораздо болѣе усилить дѣйствіе земли на электрическіе токи, давая симъ послѣднимъ многіе обороты въ одну сторону. Такимъ образомъ вмѣсто проводниковъ (фиг. 339), можно употребить приборъ, имѣющій видъ спирали (фиг. 341). Такой же видъ можно давать и прибору де ла Рива.

502. Тѣмъ же самымъ приборамъ можно дать видъ *электро-динамическихъ цилиндровъ* (фиг. 342, 343), завивши проволоку *xabcdy* винтообразно, и притомъ въ одну сторону по всей длинѣ *bc*. Такой приборъ, бывъ привѣшенъ свободно къ токо-проводу, при движеніи въ немъ электричества, всегда однимъ своимъ концомъ поворачивается къ Сѣверу, а другимъ къ Югу, подобно магнитной стрѣлкѣ). При чемъ всѣ возходящіе токи винтовыхъ оборотовъ будутъ находиться съ западной стороны, а низходящіе — съ восточной.

503. Концы таковаго цилиндра называются *полюсами*; и притомъ, конецъ, обращающійся къ Сѣверу, называется *полюсомъ южнымъ*; а конецъ, обращающійся къ югу — *сѣвернымъ*. Ибо на земномъ Шарѣ электрическіе токи идутъ отъ востока къ западу, и полѣвую ихъ сторону находится южн. полюсъ земли: по сему сходству и на электродинамическомъ цилиндрѣ, конецъ *c*, находящійся по лѣвую сторону своихъ токовъ, названъ полюсомъ южнымъ.

504. Ежели одинъ электро-динамическій цилиндръ повѣсить свободно, и къ нему подносить другой такой же цилиндръ; то увидимъ, что *они одно-именны-*

ми полюсами отталкиваются, а разноименными притягиваются. Ибо, въ первомъ случаѣ, на ближайшихъ половинахъ ихъ, электрическіе токи идутъ въ противныя стороны; а во второмъ случаѣ, они идутъ въ одну сторону.

О семъ предметѣ находится довольно подробное изложеніе въ *Указателѣ открытій по Физикѣ, Химіи*, и проч., за 1824 годъ; но въ особенности въ Traité élém de Phys. par E. Péclet, tom II. Аналитическій разборъ сихъ явленій см. въ ***Traité des phénomènes éléctrodynamiques*, *uniquement déduites de l'expérience*, *par A. M. Ampère. Paris***, **1826.**

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

О магнитизмѣ.

505. Нѣкоторые куски слабо окисленной желѣзной руды имѣютъ замѣчательное свойство притягивать къ себѣ желѣзо, сталь, никкель и кобольтъ на значительномъ разстояніи, и сообщать онымъ металламъ всѣ магнитныя свойства. Сіи куски желѣзной руды называются *естественными магнитами*; а намагниченныя полоски называются *искуственными магнитами*.

Притяженіе желѣза къ магниту сдѣлалось извѣстно еще за 600 лѣтъ до Р. Х.; но надлежало пройти около 2400 лѣтъ, пока ревностные естествоиспытатели узнали, что сей минераллъ въ рукахъ наблюдательнаго натуралиста служитъ ключемъ къ открытію сокровеннѣйшихъ дѣйствій природы.

506. *Полюсы магнита.* — Если положить магнитъ въ желѣзные опилки, и вынуть вонъ, то увидимъ, что они густыми клочьями налипнутъ къ двумъ противулежащимъ точкамъ его поверхности; а маленькіе кусочки желѣзной проволоки становятся въ оныхъ мѣстахъ перпендикулярно къ сей поверхности. Сіи точки наибольшаго притяженія называются *полюсами*; а линія, воображаемая чрезъ полюсы, называется *осью магнита*. Начиная отъ полюсовъ, притяженіе магнита весьма быстро ослабѣваетъ, и наконецъ дѣлается вовся ничтожнымъ (фиг. 344).

507. Обдѣлаемъ большой магнитъ въ видѣ шара ABE (фиг. 345), опредѣлимъ его полюсы A, B; потомъ поднесемъ къ нему двѣ (или болѣе) весьма малыя магнитныя стрѣл-

ки *ab*, *ab*, подвижныя на своихъ шпилькахъ, и поставимъ опыя противъ середины ЕЕ магнита; то отъ дѣйствія сего тѣла онѣ получатъ направленіе параллельное съ осью АВ, поворотившись къ А полюсами *b*, *b*, а къ В — полюсами *a*, *a*. Ежели будемъ приближать стрѣлки *ab*, *ab* къ полюсу А; то онѣ будутъ постепенно наклоняться къ поверхности магнита концами *b*, *b*, какъ видно на фигурѣ, и надъ самымъ полюсомъ А станутъ перпендикулярно къ магниту. Сіи же стрѣлки, бывъ приближаемы къ полюсу В, точно также наклоняются къ магниту своими концами *a*, *a*. — Это показываетъ, что концы *b*, *b* стрѣлокъ имѣютъ одинакія свойства, различныя отъ свойствъ полюсовъ *a*, *a*: почему мы и будемъ называть полюсы *a*, *a*, или полюсы *b*, *b*, *однородными*; а полюсы *a*, *b*, — *разнородными*.

508. Разность между свойствами полюсовъ сдѣлается очевиднѣе, если будемъ одну магнитную стрѣлку подносить къ другой: тогда увидимъ, что *онѣ однородными полюсами отталкиваются*, *а разнородными притягиваются*. Слѣдовательно, въ предъидущемъ опытѣ къ полюсу А притягивались полюсы *b*, *b* стрѣлокъ съ нимъ разнородные; а къ полюсу В — разнородные съ нимъ полюсы *a*, *a*.

Взаимное притяженіе и отталкиваніе магнитныхъ полюсовъ произходитъ не только сквозь воздухъ, но сквозь дерево, стекло, мѣдь, воду, и вообще сквозь всякія тѣла, будутъ ли онѣ проводниками или непроводниками электричества.

509. *Полярность магнита*, *исклоненіе*. — Ежели магнитную стрѣлку повѣсить свободно, такъ чтобы ея ось была горизонтальна, или кусокъ естественнаго магнита

положить на деревянную досчечку, и пустить на воду; то увидимъ, что онъ подобно электро-динамическому цилиндру, подлежитъ дѣйствію земнаго Шара, т. е. поворачивается однимъ своимъ полюсомъ къ сѣверу, а другимъ къ югу. Сіе свойство магнита называется *полярностію*. Плоскость, воображаемая чрезъ ось магнита и центръ земли, называется *магнитнымъ меридіаномъ*. Сей меридіанъ, вообще говоря, не соупадаетъ съ меридіаномъ мѣста, но съ нимъ пересѣкается подъ малымъ угломъ; потому что магнитная стрѣлка не точно указываетъ своими полюсами полюсы земли; но концемъ, обращеннымъ къ сѣверу, склоняется къ западу или востоку. Сіе свойство магн. стрѣлки называется *склоненіемъ*; а уголъ, оставляемой ею съ меридіаномъ мѣста, называется *угломъ склоненія*.

510. Такимъ же образомъ и нѣсколько магнитныхъ, горизонтальныхъ стрѣлокъ, свободно обращающихся на особыхъ штилькахъ, находясь внѣ сферы ихъ взаимнаго дѣйствія, получаютъ направленія параллельныя между собою, поворотившись одними концами къ сѣверу, а другими къ югу. При семъ полюсы, обращенные къ сѣверу, имѣютъ одинакій магнитизмъ; потому что сими полюсами стрѣлки отталкиваются.

511. *Астатическая стрѣлка*. — Ежели двѣ равносильныя магнитныя стрѣлки AB, A′B′ надѣть на одну ось *xx* (фиг. 346), такъ чтобы онѣ лежали въ одной плоскости, и были обращены въ противныя стороны своими однородными полюсами; потомъ привѣсить ихъ общую ось вертикально на шелковинкѣ *cx*; то сіи стрѣлки останутся въ равновѣсіи при всѣхъ возможныхъ положеніяхъ: потому что дѣйствіе земли на од-

ну стрѣлку уравновѣшиваетcя противодѣйствіемъ ея на другую. Такой приборъ называется *астатическою стрѣлкою* (освобожденною отъ направляющей силы земли), и имѣетъ, какъ увидимъ, довольно важныя употребленія.

512. *Наклоненіе* — Стальная стрѣлка, привѣшенная на оси въ своемъ центрѣ тяжести, можетъ оставаться горизонтальною на всякомъ мѣстѣ земной поверхности: но ежели намагнитить оную, то она однимъ своимъ концомъ весьма сильно наклоняется къ горизонту.. На нашемъ полушаріи, наклоняется конецъ стрѣлки, обращенный къ сѣверу; а на южномъ полушаріи наклоняется полюсъ, обращенный къ югу. Это свойство и называется *наклоненіемъ*. Точныя наблюденія показываютъ, что наклоненіе стрѣлки, лежащей въ магнитномъ меридіанѣ, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ земли, и уменьшается по мѣрѣ приближенія къ экватору. Наибольшее наклоненіе въ южномъ полушаріи было наблюдено капитаномъ *Кукомъ* подъ широтою 60° 40′ и западною долготою 93° 45′, считая отъ Парижскаго меридіана; оно было въ 43° 45′. Въ Парижѣ оно около 70°; въ С. Петербургѣ 71° 9′,3; а капитанъ *Фипсъ* подъ сѣверною широтою 79° 44′ замѣтилъ наклоненіе въ 82° 9′: очевидно, что при полюсахъ наклоненіе должно быть въ 90°. Близъ Экватора же находится множество мѣстъ, гдѣ магнитная стрѣлка не имѣетъ наклоненія.

513. Изъ сего видно, что дѣйствіе земли на магнитныя стрѣлки одинаково съ дѣйствіемъ на нихъ большой магнитной массы, и, какъ увидимъ, зависитъ отъ одной и той же причины: то и считаютъ землю за магнитное тѣло, коего магнитные полюсы лежатъ

близъ полюсовъ географическихъ; и называютъ *сѣвернымъ магнитизмомъ* тотъ, коего наибольшая сила обнаруживается близъ сѣвернаго пол са земли; а южнымъ магнитизмомъ тотъ, котораго наибольшее дѣйствіе оказывается близъ южн. полюса. Отъ сего и полюсы всякаго магнита, подобно полюсамъ электродинамическаго цилиндра, названы сѣвернымъ и южнымъ, и именно: *сѣвернымъ* называется тотъ, который дѣйствіемъ земли обращается къ югу; а *южнымъ* тотъ, который обращается къ сѣверу; потому что притяженіе полюсовъ магнита должно произходить къ разнороднымъ полюсамъ земли, какъ магнитнаг отѣла.

514. Ежели естественный или искуственный магнитъ разбить на двѣ части поперегъ его оси, то въ разломѣ получатся два противоположныхъ полюса, и каждая половина будетъ цѣлымъ магнитомъ. И вообще, если раздѣлить магнитъ на нѣсколько частей; то каждая часть, какъ бы она мала ни была, будетъ имѣть два магнитныхъ полюса. Наблюденіе показываетъ, что однородные полюсы всѣхъ частей магнита обращены въ одну сторону, т. е. сѣверные ихъ полюсы — къ сѣв. полюсу магнита, а южные полюсы — къ южн. полюсу. Слѣдственно каждая часть магнита имѣетъ свой магнитизмъ; и дѣйствіе цѣлаго магнита произходитъ отъ совокупнаго дѣйствія всѣхъ его цѣльныхъ частицъ.

Законъ магнитныхъ притяженій и отталкиваній.

515. *Магнитныя притяженія и отталкиванія измѣняются въ обратномъ содержаніи квадратовъ разсто-*

ній. — Законъ сей открытъ Куломбомъ съ помощію его крутительныхъ вѣсовъ.

Для опредѣленія *закона отталкиванія* необходимо нужно знать величину силы, съ каковою земной Шаръ стремится привесть горизонтальную магнитную стрѣлку въ плоскость магнитнаго меридіана. Для сего Куломбъ расположилъ крутительные вѣсы такъ, чтобы діаметръ нижняго круга, соотвѣтствующій 0° и 180° дѣленія, лежалъ точно въ магнитномъ меридіанѣ. Потомъ къ серебреной проволочкѣ вѣсовъ привѣшивалъ мѣдное стремя, поддерживающее горизонтально мѣдную полоску; ставилъ стрѣлку микрометра на нуль дѣленія верхняго круга; и поворачивалъ мѣдную трубку дотолѣ, пока мѣдная полоска приходила въ магнитный меридіанъ, т. е. показывала 0° и 180° на нижнемъ кругѣ. Сдѣлавъ сіе онъ вынималъ оную полоску, а на мѣсто ея клалъ въ стремя намагниченную стрѣлку въ 24 дюйма длиною и въ 1½ линіи шириною.

Для опредѣленія силы магнитнаго дѣйствія земли Куломбъ закручивалъ нить привѣса, поворачивая микрометръ, и замѣтилъ, что для удаленія стрѣлки на 1° изъ магнитнаго меридіана надлежало закрутить нить на 35°; а для удаленія оной на 2°, 3°, 4°, ... 10°, 20°, надлежало закрутить на 2×35, 3×35, 4×35, ... 10×35, 20×35, ... Такимъ об. онъ узналъ, что *углы закручиванія нити, или равныя имъ дѣйствія магнитизма земли пропорціональны угламъ отдаленія стрѣлки, или точнѣе — синусамъ оныхъ угловъ.*

Тогда Куломбъ расположилъ вертикально магнитную полоску *ab* (фиг. 347) противъ конца A магнитной стрѣлки, такъ чтобы онѣ прикасались разнородными полюсами: въ сіе время стрѣлка оттолкнулась на 24°,

и Куломбъ долженъ былъ закрутить нить привѣса на 8 круговъ ($=2880^\circ$), чтобы привесть стрѣлку AB на разстояніе 12° отъ *ab*. — Въ первомъ случаѣ сила отталкиванія F уравновѣшивала силу скручиванія въ 24° и силу земнаго магнитизма въ $24 \times 35 = 840^\circ$: слѣдовательно $F = 24 + 840 = 864^\circ$. Во второмъ случаѣ сила отталкиванія F′ уравновѣшивала скручиваніе $12^\circ + 2880^\circ = 2892^\circ$, и силу земнаго магнитизма

въ $12 \times 35 = 420^\circ$

$$3312^\circ$$

слѣдовательно $F : F' = 864 : 3312$ почти $1 : 4$; разстоянія же относились какъ $24 : 12 = 1 : \frac{1}{2}$.

И такъ отталкиванія обратно пропорціональны квадратамъ разстояній.

516. Гораздо легче открыть законъ магнитныхъ притяженій слѣд. образомъ. Повѣсимъ на шпилькѣ горизонтально магнитную стрѣлку, и выведемъ оную на нѣсколько градусовъ изъ магнитнаго меридіана: тогда она, будучи побуждаема силою f земнаго магнитизма, начнетъ качаться подобно маятнику, и въ одну минуту времени совершитъ нѣкоторое число n качаній, которое мы и замѣтимъ. Потомъ противъ сѣверн. полюса стрѣлки, на опредѣленномъ разстояніи, поставимъ южн. полюсъ магнита; выведемъ стрѣлку опять на такое же число градусовъ, изъ магнитнаго меридіана: тогда она отъ совокупнаго дѣйствія f земли и дѣйствія F магнита совершитъ N качаній въ 1′ времени. И какъ ускорительныя силы пропорціональны квадратамъ чиселъ качаній стрѣлки въ одно и тоже время, то будемъ имѣть $F + f : f = N^2 : n^2$, или

$$F : f = N^2 - n^2 : n^2.$$

Отдалимъ магнитъ на другое разстояніе отъ стрѣлки: тогда она отъ совокупнаго дѣйствія f земли и силы F' магнита совершитъ N' качаній въ $1'$. Слѣдственно получимъ также

$$F' : f = N'^2 - n^2 : n^2;$$

откуда $F : F' = N^2 - n^2 : N'^2 - n^2$.

Въ одномъ изъ опытовъ Куломба магнитная стрѣлка была употреблена въ 1 дюймъ длиною, и поставлена такъ, что одинъ ея полюсъ находился въ разстояніи 4 дюймовъ отъ полюса намагниченной полоски: въ семъ случаѣ она сдѣлала $N = 41$ качан. въ минуту. На разстояніи вдвое большемъ она сдѣлала только $N' = 24$ качанія; а будучи предоставлена одному дѣйствію земли, она дѣлала $n = 15$ качаній въ 1 минуту. Слѣдовательно

$$F : F' = 41^2 - 15^2 : 24^2 - 15^2$$
$$= 1 : \tfrac{1}{4} \text{ почти};$$

разстоянія же были $= 1 : 2$.

Взаимное дѣйствіе электрическихъ токовъ и магнитовъ.

517. Въ 1819 году *Эрштедъ*, Копенгагенскій профессоръ, узналъ, что электрическая струя, проведенная близъ магнитной стрѣлки параллельно съ ея осью, выводитъ оную изъ своего положенія равновѣсія, и отклоняетъ въ извѣстную сторону. — Амперъ, Французскій ученый, подвергнувши сіе дѣйствіе строжайшему опытному изслѣдыванію, открылъ многочисленный классъ электромагнитныхъ явленій, и показалъ, что всѣ онѣ со всѣми ихъ мелчайшими подробностями могутъ быть объяснены изъ одного сдѣланнаго имъ предположенія,

что на нижней части стрѣлки электрическіе токи имѣютъ направленіе, противное направленію ихъ на верхней части.

Совершенно противное дѣйствіе произойдетъ ежели провесть электр. струю отъ сѣвера къ югу.

b. *Біотъ* и *Савартъ* опытами, дѣланными съ помощію Куломбовыхъ вѣсовъ, доказали, что сила цѣлаго электрическаго тока, приводящая магнитную стрѣлку въ упомянутое положеніе, измѣняется въ обратномъ содержаніи разстоянія его до центра магн. стрѣлки. А *Лапласъ* чрезъ вычисленіе доказалъ, что законъ сей только тогда возможенъ, когда каждый элементъ тока дѣйствуетъ на каждый изъ полюсовъ магнитной стрѣлки въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній. *Амперъ, Савари* и *Демонферанъ*, вычисляя взаимное дѣйствіе электрическихъ токовъ, нашли, что сіи законы суть тѣ самые, по коимъ происходитъ дѣйствіе между прямолинейными токами и электродинамическими цилиндрами.

c. Повѣсимъ вертикально магнитную полоску АВ (фиг. 349) и будемъ къ разнымъ точкамъ ея поверхности приближать горизонтальный электр. токъ; то увидимъ, что она притягивается къ току всѣми точками, когда южный полюсъ А находится по лѣвую сторону; но она отталкивается всѣми точками поверхности, когда южн. полюсъ находится по правую сторону. Ибо, въ первомъ случаѣ, токи полоски АВ идутъ въ одну сторону съ приближаемымъ токомъ; а во второмъ случаѣ, они идутъ съ нимъ въ противныя стороны.

d. Отъ сего происходитъ, что магнитная стрѣлка, пущенная на воду (на кускѣ пробки), и подверженная

дѣйствію электрической струи, притягивается къ оной своею серединою, когда южный полюсъ ея лежитъ по лѣвую сторону струи; либо удаляется отъ нее на неопредѣленное разстояніе, когда южный полюсъ находится съ правой стороны.

518. Совершенно таково же и дѣйствіе магнитовъ на электрическіе токи. Ежели положить горизонтально магнитъ подъ проволоку *cd* подвижнаго проводника (фиг. 324), и провесть въ ономъ электрическую струю; то сей проводникъ дѣйствіемъ магнита поворотится, и станетъ перпендикулярно къ его оси: при семъ южн. полюсъ магнита будетъ находиться по лѣвую сторону тока.

Ежели къ вертикальному току *cd*, заключающемуся въ подвижномъ проводникѣ (фиг. 325), поднести конецъ магнита AB, держа сей послѣдній горизонтально и почти параллельно съ плоскостью проводника, какъ видно на фиг. 350; то сей проводникъ притянется къ магниту стороною *cd*, когда южный полюсъ A будетъ лежать по лѣвую сторону тока. Въ противномъ же случаѣ произходитъ отталкиваніе.

Ежели поднести электродинамическій цилиндръ къ подвижной магнитной стрѣлкѣ; то увидимъ, что они одноимянными полюсами отталкиваются, а разноимянными притягиваются. Слѣдственно между ими произходитъ тоже дѣйствіе, какое между двумя электродинамическими цилиндрами, или между двумя магнитными стрѣлками. А сіе показываетъ, что магнитъ можно себѣ представлять такимъ тѣломъ, въ коемъ находятся многіе круговые токи, перпендикулярные къ его оси, и направленные въ одну сторону, такъ какъ они идутъ въ электродинамич. цилиндрѣ.

519. Электрическіе токи, воображаемые въ магнитѣ, надлежитъ представлять существующими около всякой его частички, и направленными въ одну сторону: ибо мы видѣли (514), что каждая цѣльная частица магнита имѣетъ два полюса.

520. Слѣдующіе два опыта служатъ также важнымъ подтвержденіемъ теоріи Ампера. — Подвижный проводникъ *Sabcd*, привѣшенный своимъ остріемъ на металлическомъ стержнѣ *t* въ его чашечкѣ S (фиг. 351), и у коего въ частяхъ *ab*, *cd* находятся низходящіе токи, начинаетъ безпрестанно обращаться южною частію *ab* отъ востока на западъ, когда противъ оси *t* поставленъ будетъ магнитъ AB, обращенный вверхъ своимъ южнымъ полосомъ. Сіе дѣйствіе должно произойти необходимо, ежели представимъ въ магнитѣ существованіе электрическихъ токовъ, по лѣвую сторону коихъ находится южной полюсъ A. — Вращеніе произойдетъ въ противную сторону, если перемѣнить направленіе электр. тока, или поворотить магнитъ вверхъ сѣвер. полюсомъ. На сей фигурѣ видѣнъ металлич. сосудъ MN съ кислотнымъ растворомъ, въ который погружено мѣдное кольцо *bd*, припаянное къ концамъ проволокъ *ab*, *cd*.

Ежели къ цилиндрическому магниту AB (фиг. 352) привинтить платиновую гирьку BC, такъ чтобы онъ могъ плавать въ ртути на подобіе ареометра, и, пустивъ его на ртуть, содержащуюся въ металлическомъ сосудѣ, провесть параллельно сему электрическій токъ NP, сообщивши край сосуда съ отрицательнымъ полюсомъ Вол. столба: то магнитъ начинаетъ непрерывно вращаться около проволоки NP. Чтобы видѣть сему причину, изобразимъ фигуру въ

поперечномъ разрѣзѣ. Пусть P есть проекція электр. тока, проведеннаго въ ртуть; A магнитъ, обращенный вверхъ южн. полюсомъ, и въ коемъ токи движутся по направленію стрѣлокъ; PR, PS,.... электрическіе токи, расходящіеся отъ P во всѣ стороны къ стѣнкамъ сосуда. Очевидно, что между бокомъ *otn* и PR происходитъ притяженіе, коего равнодѣйствующая направлена по A*x*; а между бокомъ *ohn* и струею PS (взятою симметрически въ отношеніи къ A) происходитъ отталкиваніе, коего равнодѣйствующая направлена по A*z* ⊥ PS. Силы A*x*, A*z* производятъ равнодѣйствующую A*v*, которая и побуждаетъ магнитъ обращаться около P. Если перемѣнить направленіе тока, то магнитъ начнетъ обращаться въ противную сторону.

521. *Изъясненіе склоненія и наклоненія.* — Принимая земной Шаръ за магнитное тѣло, въ которомъ существуютъ электрическіе токи, стремящіеся отъ востока къ западу, понятнымъ дѣлается, отъ чего магнитная стрѣлка поворачивается къ сѣверу южнымъ полюсомъ, а сѣвернымъ — къ югу. Ибо она поворачивается такъ, какъ электродинамическій цилиндръ, и останавливается тогда, когда токи на ея нижней части бываютъ направлены отъ востока къ западу, т. е. параллельно токамъ земли; по восточной сторонѣ идутъ токи низходящіе, а по западной восходящіе, такъ какъ показываетъ фиг. 353, гдѣ MN есть разрѣзъ поверхности земли отъ востока къ западу, B магнитъ; стрѣлки показываютъ направленіе токовъ.

522. Для изъясненія *магнитнаго наклоненія* довольно разсмотрѣть слѣдующій опытъ. Расположимъ подвижный сомкнутый проводникъ *abcdfgh* (фиг. 337) такъ,

чтобы его горизонтальная ось была перпендикулярна къ магнитному меридіану, и пропустимъ въ немъ электрическій токъ: тогда увидимъ, что сей проводникъ дѣйствіемъ земли поворотится тою частію внизъ, въ которой токъ идетъ отъ востока къ западу, и плоскость его приметъ положеніе перпендикулярное къ оси магнитной стрѣлки, показывающій *наклоненіе*. Но сіе же самое положеніе должны получить отъ дѣйствія земли и тѣ сомкнутые круговые токи, кои предполагаются въ магнитѣ; и слѣдственно ось магнит. стрѣлки, всегда перпендикулярная къ онымъ, должна имѣть то наклоненіе, которое въ ней замѣчается.

Возбужденіе магнитизма въ желѣзѣ, стали, и проч. посредствомъ электрическихъ токовъ и *магнитовъ.*

523. Электрическая струя, подобно, магниту можетъ притягивать къ себѣ желѣзные опилки, и, подобно ему, можетъ сообщать магнитизмъ желѣзу, стали, и проч. Притяженіе желѣза къ магниту, и возбужденіе въ немъ магнитизма посредствомъ магнитовъ есть дѣло давно извѣстное: но притяженіе желѣза и возбужденіе въ немъ магнитизма дѣйствіемъ электрической струи есть открытіе новое, служащее важнѣйшею подпорою Амперовой теоріи.

Вскорѣ послѣ открытія взаимнаго дѣйствія электрич. токовъ и магнитовъ Г. *Араго* узналъ, что проволока, сообщающая полюсы Вол. столба, находясь, въ прикосновеніи съ желѣзными опилками, притягиваетъ оные, и ими облепляется; но что они отпада-

ютъ отъ нее всякой разъ, когда прекращается между полюсами сообщеніе. Сіе дѣйствіе весьма различно отъ притяженія, производимаго свободными электричествами; потому что мѣдные, латунные, древесные опилки не притягиваются тою же пролокою. Сей же ученый открылъ, что *проволока, содержащая электрическую струю, будучи приложена перпендикулярно къ маленькой полоскѣ мягкой стали, возбуждаетъ въ ней магнитизмъ: при семъ южный полюсъ образуется на ней по лѣвую сторону струи, а сѣверный — по правую.* Послѣ того Г. Деви узналъ, что желѣзные опилки притягиваются къ сообщительной проволокѣ и тогда, когда бываютъ отъ нее отдѣлены листомъ стекла, и что электрическая струя можетъ возбуждать магнитизмъ въ стали сквозь стекло.

524. Сіи опыты привели къ слѣдующему (едвали не лучшему изъ всѣхъ) способу магниченія стали: обвиваютъ винтообразно стеклянную трубочку мѣдною проволокою (фиг. 354), кладутъ въ нее стальную полоску AB, и пропускаютъ по проволокѣ электрическую струю; то, черезъ короткое время, возбуждается во всей полоскѣ магнитизмъ до наибольшей степени. Южный полюсъ получается по лѣвую сторону электрическихъ токовъ, содержащихся въ винтовыхъ оборотахъ проволоки.

Теорія. Можно изъяснить магниченіе желѣза дѣйствіемъ электрическихъ токовъ двоякимъ образомъ: 1) Или допустить, что электрическіе токи существуютъ во всѣхъ частицахъ желѣза, находящагося въ естественномъ состояніи; но что они въ немъ направлены во всѣ возможныя стороны, и отъ того ихъ дѣйствія на внѣшнія тѣла взаимно уравновѣшива-

ются : въ семъ случаѣ струя электрическая поднесенная къ полоскѣ, или обвитая около оной, даетъ всѣмъ частичнымъ токамъ одно направленіе, одинакое съ своимъ собственнымъ. 2) Или можно себѣ представить, что электрическіе токи не существуютъ предварительно въ желѣзѣ; но вліяніемъ электрической струи производятся въ ономъ изъ естественныхъ электричествъ сего тѣла. Мы уже знаемъ, что электрическій токъ можетъ давать опредѣленное направленіе другимъ токамъ : а слѣдующій опытъ Ампера показываетъ, что онъ своимъ вліяніемъ можетъ производить токи въ другихъ тѣлахъ. Для удостовѣренія въ семъ, Амперъ повѣсилъ на шелковойниткѣ мѣдное кольцо ABCD (фиг. 355); окружилъ оное круговымъ мултипликаторомъ, содержащимъ электрическую струю, и къ сему кольцу подносилъ магнитъ: тогда кольцо поворачивалось и принимало такое положеніе, какое оно должно получить, содержа въ себѣ дѣйствительно электрическій токъ, имѣющій одинакое направленіе съ токами мултипликатора. Сіе и показываетъ, что электрическая струя можетъ возбуждать электр. токи въ проводникахъ, близь нее находящихся. — Впрочемъ весьма вѣроятно, что намагничиваніе желѣза происходитъ и отъ дѣйствительнаго произведенія электр. токовъ, и отъ перемѣны направленія токовъ уже существующихъ.

525. *Послѣдовательныя точки.* — Ежели одну половину стальной полоски AA′ (фиг. 356) обвить винтообразно мѣдною проволокою въ одну сторону, а другую половину обвить тою же проволокою въ противную сторону, такъ чтобы электрическій токъ, проведенный чрезъ сію проволоку, въ двухъ половинахъ

шелъ въ противныя стороны; то на концахъ A, A′, лежащихъ по лѣвую сторону ближайшихъ къ нимъ токовъ, окажутся южные полюсы, а въ срединѣ B произойдетъ пол. сѣверный. Сей полюсъ, произшедшій на срединѣ полоски, называется *послѣдовательною точкою;* и очевидно, что таковыхъ послѣдовательныхъ точекъ можно на ней произвести двѣ, три, и болѣе.

526. Ежели спираль MN (фиг. 357), сдѣланную изъ мѣдной проволоки, обвитой шелкомъ, приложить къ срединѣ стальной полоски AA′, и пропустить въ ней электрическій токъ, какъ показываетъ фигура; то въ семъ мѣстѣ произойдетъ послѣдовательная точка, именно сѣверный магнитный полюсъ; а на концахъ A, A′ окажутся южные полюсы: потому что всѣ дуги спирали, лежащія по лѣвую сторону точки B, произведутъ въ части AB токи, направленные въ сторону OM; на половинѣ же A′B они произойдутъ совершенно въ противную сторону.

Но ежели водить спиралью MN по полоскѣ AA′ отъ A къ A′, и всегда въ одну сторону; то на одной сторонѣ A токи удержатъ данное имъ направленіе: токи же, произшедшіе по другую сторону, перемѣнятъ свое направленіе, когда часть *от* спирали пройдетъ черезъ оныя. Отъ сего при A′ произойдетъ сѣверный полюсъ.

527. *Возбужденіе магнитизма въ желѣзѣ, стали, никкелѣ и кобольтѣ посредствомъ магнитовъ* производится главнѣйше тремя способами: прикосновеніемъ, простымъ натираніемъ, и двойнымъ натираніемъ.

I. Ежели къ сѣверному полюсу B магнита AB (фиг. 358) приложить коротkую стальную полоску *ab;* то она въ короткое время сама дѣлается магнитомъ: при

семъ, ея конецъ *a*, прикасавшійся къ сѣв. полюсу, дѣлается полюсомъ южнымъ; а конецъ отдаленный — полюсомъ сѣвернымъ. Очевидно, что здѣсь электрическіе токи полюса B возбуждаютъ электрическіе токи въ *ab*, и располагаютъ оные параллельно собственному направленію: отъ сего по лѣвую сторону ихъ и получается южный полюсъ *a* (*).

(*) Во время сего магниченія не измѣняется ни вѣсъ полоски *ab*, ни ея объемъ; магнитъ AB нисколько не теряетъ своей силы, и ничего не получаетъ отъ *ab*. Ежели полоска изъ весьма мягкой стали; то она можетъ со временемъ потерять свой магнитизмъ: но въ ней можно опять оный возбудить такимъ же способомъ. Въ то время, когда не была еще извѣстна теорія Ампера, основываясь на оныхъ явленіяхъ, *Вилькс* и *Бругманъ* придумали слѣдующую теорію для магнитизма: они предположили, что сѣверный и южный магнитизмъ существуютъ въ стальной полоскѣ *ab* въ видѣ двухъ невзвѣшиваемыхъ началъ или жидкостей, кои при взаимномъ ихъ соединеніи не оказываютъ ни какихъ явленій, подобно естественнымъ электричествамъ тѣлъ. И поелику дѣйствіемъ магнитизма полюса B, сіи начала разлагаются такъ, что на ближайшемъ концѣ въ наибольшей силѣ оказывается магнитизмъ разнородный, а на отдаленномъ концѣ — однородный; то заключили, что *однородныя магнитныя начала отталкиваются*, *а разнородныя притягиваются*; что сіи два начала свойственны каждой частичкѣ стали; ибо если раздробить магнитную полоску на какое угодно частей, каждая изъ нихъ будетъ имѣть два полюса, подобно элементамъ Вольтова столба. Только сіи начала не тождественны съ электричествомъ: ибо всѣ тѣла могутъ быть электризованы, тогда какъ малое число тѣлъ можетъ обнаруживать магнитизмъ. Электричество можетъ

Но симъ способомъ возбуждается магнитизмъ весьма слабый; и сверхъ того, ежели полоска длинна и не однородна, то оказываются на ней послѣдовательныя точки, именно: ежели конецъ *a* (фиг. 359) прикасался къ сѣвер. полюсу магнита, то онъ становится южн. полюсомъ; и вмѣсто того, чтобъ на другомъ концѣ оказался полюсъ сѣверный, онъ появится гдѣ нибудь на срединѣ въ *b*, послѣдуемый южнымъ полюсомъ *a′*, и т. д.

II. Когда имѣется одинъ магнитъ, то вмѣсто магниченія стали прикосновеніемъ, лучше употребить простое натираніе. Взявъ оный магнитъ натираютъ однимъ его полюсомъ A стальную полоску *ab*, (фиг. 360), водя нѣсколько разъ отъ *a* къ *b*, всегда въ одну сторону: тогда при начальномъ концѣ *a* получится полюсъ однородный, а на другомъ концѣ *b* полюсъ разнородный съ полюсомъ A магнита. Сей способъ имѣетъ совершенное сходство со способомъ магниченія посредствомъ электродинамической спирали (526), и изъясняется тою же теоріею. Хотя онымъ способомъ и возбуждается магнитизмъ сильнѣе, нежели предъидущимъ: но ежели полоска длинна, неоднородна, или натираніе было неравномѣрно, то происходятъ послѣдовательныя точки. Наприм. если южн. полюсъ магни-

---

переходить отъ одного тѣла на другое: магнитныя же начала могутъ только разлагаться въ частичкахъ тѣлъ, но не могутъ передаваться ни отъ одного тѣла въ другое, ни отъ одной частички къ другой въ одномъ и томъ же тѣлѣ. Сія теорія и до сихъ поръ еще объемлетъ всѣ явленія; она усовершенствована *Куломбомъ* и аналитическими изслѣдованіями *Пуасона*.

па поставить на срединѣ стальной полоски, и нѣсколько поддержать; то въ семъ мѣстѣ произойдетъ полюсъ сѣверный, чему и должно быть по теоріи Ампера (526).

III. Въ 1745 году *Нейтъ* (Knight) первый вздумалъ употребить два магнита для намагничиванія стальныхъ брусочковъ и стрѣлокъ. Усовершенствованіемъ сего способа занимались *Дюгамель*, *Антомъ*, *Мичель*, *Кантонъ*, *Эпинусъ* и *Куломбъ*. Мы скажемъ здѣсь только о способѣ Мичеля и Куломба.

Для намагничиванія стальной полоски АВ (фиг. 361) по способу Мичеля, ставятъ близъ ея средины два магнита своими разноимянными полюсами *a*, *b*; и потомъ натираютъ каждымъ магнитомъ соотвѣтственную ему половину, водя всегда отъ середины къ концамъ. При семъ двойномъ натираніи наклоняютъ иногда оба магнита подъ угломъ 15° или 20°. Тогда каждый конецъ получитъ магнитизмъ, разнородный съ магнитизмомъ полюса натиравшаго. *Теорія:* здѣсь электрическіе токи магнитовъ, идущіе внѣ ихъ промежутка, стремятся дать токамъ полоски АВ одно направленіе, какъ показываютъ стрѣлки; между тѣмъ какъ въ части промежуточной *тп* произойдутъ токи въ противную сторону. Сіи послѣдніе отъ совокупнаго дѣйствія магнитовъ будутъ имѣть силы болѣе, нежели первые; то они одни и останутся при натираніи полосы АВ. Слѣдовательно по лѣвую ихъ сторону произойдетъ южный полюсъ А, а по правую — сѣверный полюсъ В. (*).

(*) Сіе дѣйствіе по прежней теоріи изъясняютъ также весьма хорошо, допуская, что оба магнита содѣйствуютъ

Куломбъ, для магниченія стальной полосы ab (фиг. 362), кладетъ оную концами a, b на разнородные полюсы B'', A''', двухъ сильныхъ магнитовъ $A''B''$, $A'''B'''$; потомъ на ея серединѣ ставитъ два другіе сильные магнита AB, $A'B'$ также разнородными полюсами, но такъ чтобы на сторонѣ a полюсы B, B'' были сѣверные, а полюсы A', A''' были южные; и наконецъ, наклонивъ сіи магниты подъ углами 20 или 30°, натираетъ каждымъ соотвѣтственную половину. Тогда конецъ a дѣлается полюсомъ южнымъ, а конецъ b — сѣвернымъ. Симъ способомъ возбуждается магнитизмъ наибольшій.

528. *Состояніе магнитизируемаго тѣла имѣетъ большое вліяніе на скорость возбужденія и сохраненія въ немъ магнитизма.* Въ чистомъ желѣзѣ дѣйствіемъ электрической струи или дѣйствіемъ магнитовъ тотчасъ возбуждается магнитизмъ, но столь же скоро и опять приходитъ въ бездѣйствіе. Сталь (которая состоитъ изъ желѣза съ малою частію углерода) мягкая труднѣе магнитизируется, но сохраняетъ долѣе магнитизмъ; сталь же сильно закаленная весьма трудно магнитизируется, но за то сохраняетъ магнитизмъ неопредѣленно долго. Изъ сего видно, что въ крѣпкой стали должна существовать какая нибудь причина, зависящая отъ природы сего тѣла и его состоянія, которая препятствуетъ произведенію въ немъ электри-

---

одинъ другому разлагать магнитныя начала въ каждой частичкѣ полоски AB. Юж. полюсъ a притягиваетъ на свою сторону сѣверную жидкость, и отталкиваетъ къ A южную; и также сѣв. полюсъ b притягиваетъ къ A магнитизмъ южный, и отталкиваетъ къ B сѣверный.

ческихъ токовъ и обратному ихъ уничтоженію. Сія не извѣстная причина называется *задерживательною силою* (force coërcisive). Отъ величины оной силы зависитъ количество магнитизма возбуждаемаго во всякомъ тѣлѣ. Опыты *Гей-Люсака* показали, что углеродъ, фосфоръ, мышьякъ, олово, будучи соединяемы съ желѣзомъ, увеличиваютъ его задерживательную силу.

Высокая степень жара весьма сильно ослабляетъ и даже приводитъ въ бездѣйствіе задерживательную силу магнитовъ : ибо магнитъ совершенно тѣряетъ свою силу, ежели будетъ раскаленъ до красна,

529. *Сила магнита.* — О величинѣ силы магнитовъ судятъ по количеству вѣса, которое они способны поддерживать, или по числу качаній, которое дѣлаетъ одна и таже магнитная стрѣлка, поставленная близъ одного его полюса на разстояніи единицы, въ 1 минуту времени. Первый способъ есть самый употребительный, хотя и не имѣетъ великой точности : для сего къ полюсу магнита привѣшиваютъ брусочикъ мягкаго желѣза, поддерживающій вѣсовую чашку, и въ оную кладутъ мало по малу столько вѣсу, пока брусочикъ оторвется; тогда весь поддерживавшійся вѣсъ и покажетъ силу магнитнаго полюса.

Но, при точныхъ изслѣдываніяхъ силы магнита и распредѣленія магнитизма по длинѣ всего магнита, употребляютъ магнитную стрѣлку, свободно обращающуюся на шпилькѣ. Опредѣляютъ сперва число *n* качаній, дѣлаемыхъ ею въ 1 минуту времени отъ дѣйствія земли ; а потомъ заставляютъ оную качаться, подвергнувъ совокупному дѣйствію земли и магнита; замѣчаютъ число N качаній, дѣлаемыхъ ею въ 1′ вре-

мени, на разстояніи единицы: тогда $N^2 - n^2$ будетъ число пропорціональное силѣ магнита.

530. Еще *Реомюръ* замѣтилъ, что сила магнита увеличивается безпрерывнымъ его дѣйствіемъ на желѣзо. Ибо сіе послѣднее, дѣлаясь само магнитомъ, дѣйствуетъ въ свою очередь обратно на магнитъ, и возбуждаетъ въономъ болѣе магнитной силы. Такимъ об., если привѣсить къ магниту такое количество желѣза, какое онъ едва можетъ поддерживать; то окажется, что сіе количество можно каждый день по немногу увеличивать. Но, если черезъ нѣсколько недѣль или мѣсяцовъ оторвать вдругъ все количество поддерживаемаго вѣса, и опять оное къ нему подвесть, то магнитъ уже не будетъ въ состояніи поддерживать оное; слѣдовательно онъ потеряетъ избытокъ силы, приобретенной имъ отъ вліянія желѣза.

531 *Оправа магнита.* — Магнитъ почти вдвое болѣе оказываетъ силы, ежели дѣйствуетъ на желѣзо обоими полюсами. Для сей-то цѣли даютъ естественнымъ и искуственнымъ магнитамъ *оправу* (armature), именно: обдѣлываютъ магнитъ въ видѣ параллелипипеда, имѣющаго большую длину по направленію оси, и къ полюсамъ его A, B (фиг. 362) прикладываютъ двѣ пластинки *am*, *bn* мягкаго желѣза съ ножками *a*, *b*, поддерживающими магнитъ; и прикрѣпляютъ оныя къ магниту мѣдною оправою. Ежели A и B суть южной и сѣверный полюсы; то ножка *a* дѣлается также полюсомъ южнымъ, а *b* — сѣвернымъ. Къ симъ ножкамъ прикладываютъ брусочикъ мягкаго желѣза, поддерживающій вѣсъ P. Сколь велика должна быть толстота пластинокъ, равно какъ длина и взаимное разстояніе ножекъ *a*, *b*, сіе неиначе можно опредѣлить, какъ по

опыту. Оправа имѣетъ еще и ту выгоду, что отъ вліянія пластинокъ *am*, *bn* увеличивается сила магнита.

Ежели сложить нѣсколько стальныхъ намагниченныхъ брусочковъ ab, $a'b'$, $a''b''$ равной длины, такъ чтобы ихъ однородные полюсы a, a', a'' были обращены въ одну сторону; то они въ совокупности составятъ очень сильный магнитъ, которому можно дать оправу (фиг. 363). Впрочемъ сила дѣйствія неувеличивается пропорціонально числу брусочковъ, но въ меньшемъ содержаніи.

Весьма часто искуственнымъ магнитамъ даютъ видъ подковы (фиг. 364), составляя оные также изъ нѣсколькихъ намагниченныхъ полосокъ; къ полюсамъ A и B прикладываютъ брусочикъ мягкаго желѣза, поддерживающій вѣсъ P.

532. Опытомъ дознано, что отношеніе между вѣсомъ магнита и вѣсомъ, который онъ поддерживаетъ, самое большее представляютъ малые, нежели большіе магниты. *Ингенгузъ* замѣтилъ, что малые магниты могли поддерживать вѣсъ во 100 разъ большій собственнаго ихъ вѣса; тогда какъ искуственные магниты, дѣланные *Куломбомъ*, въ 20 ливровъ вѣсомъ, могли поддерживать только до 100 ливровъ. Естественные магниты рѣдко бываютъ сильны: изъ нихъ уже тотъ считается лучшимъ, который можетъ поддерживать вѣсъ, равный собственному.

533. *Гальванометръ.* — На чрезвычайной чувствительности магнитной стрѣлки къ дѣйствіямъ электрической струи основывается устроеніе *Гальванометра*, изобрѣтеннаго *Швейгеромъ* (въ Галлѣ) подъ именемъ *мултипликатора*, и усовершенствованнаго *Лебальи-*

фомъ. Извѣстно, что магнитная стрѣлка *ab* (фиг. 365) дѣйствіемъ электрической струи *mn*, проходящей надъ нею, отклоняется своимъ южнымъ полюсомъ *a* въ лѣвую сторону. Посему, ежели сообщительную проволоку *mnp* провесть сверху и снизу оной стрѣлки; то оба тока *mn* и *np* будутъ отклонять стрѣлку въ одну и туже сторону, и въ совокупности будутъ на оную дѣйствовать гораздо сильнѣе. Но сіе дѣйствіе окажется еще сильнѣе ежели окружить стрѣлку многими токами, идущими выше и ниже оной такъ, какъ въ *mnp*.

Для освобожденія магнитной стрѣлки отъ дѣйствія земли, въ галванометрѣ Лебальифа употребляются четыре магнитныя стрѣлки *ab*, *ab*, *ab*, *ab* (фиг. 366), повѣшенныя на одной оси такъ, что середнія стрѣлки обращены южными полюсами *a*, *a* въ одну, а крайнія — въ противную сторону. Общая ихъ ось повѣшена на шелковинкѣ. Около среднихъ стрѣлокъ обходитъ мѣдная проволока, обвитая шелкомъ, и дѣлающая многіе обороты (или еще лучше — многія проволоки, коихъ одни концы сплющены въ одну проволоку, а другіе въ другую проволоку). Фиг. 367 представляетъ полный приборъ Лебальифа; на немъ, кромѣ стрѣлокъ и проволокъ мултипликатора, находится соломенный указатель *cd*, показывающій градусы отклоненія на раздѣленномъ кругѣ.

Сей приборъ весьма хорошо обнаруживаетъ электричество, возбуждаемое прикосновеніемъ тѣлъ. Наприм. ежели между плиткою цинка и мѣди положить влажную бумагу, и потомъ прикоснуться одною проволокою галванометра къ цинку, а другою къ мѣди; то тотчасъ его стрѣлка *cd* опишетъ нѣсколько граду-

совъ. Сей-то инструментъ послужилъ Г. Пулье для расположенія металловъ и ихъ нѣкоторыхъ соединеній по качеству электричества, обнаруживаемаго ими, во время взаимнаго прикосновенія, въ слѣдующемъ порядкѣ:

1. Цинкъ съ ртутью (сплавокъ).
2. Цинкъ, олово и ртуть (сплавокъ).
3. Цинкъ.
4. Свинецъ и ртуть, 2 : 4.
5. Д'Арсетовъ сплавокъ.
6. Паяльный составъ.
7. Свинецъ.
8. Олово и ртуть, 1 : 10.
9. Висмутъ и олово.
10. Олово.
11. Словолитный металлъ.
12. Желѣзо.
13. Сурьма и желѣзо, 1 : 2.
14. Висмутъ и ртуть, 1 : 4.
15. Сурьма чистая.
16. Висмутъ.
17. Латунь; 18. Мѣдь; 19. Бронза,
20. Сѣристая сурьма.
21. Колокольный металлъ.
22. Мышьякъ.
23. Сурьма и мѣдь, 1 : 2.
24. Сурьма и олово; 1 : 1.
25. Ртуть; 26. Сурьма; 27. Графитъ.
28. Сѣристая мѣдь.
29. Сѣристый свинецъ.
30. Серебро; 31. Золото; 32. Теллуръ.
33. Палладій; 34. Платина.

Каждое изъ сихъ тѣлъ становится электроположительнымъ отъ прикосновенія къ тѣламъ послѣдующимъ, и электроотрицательнымъ — отъ прикосновенія къ тѣламъ предшествующимъ.

354. *Явленія термо-электрическія.* — Въ 1821 году Док. *Зебекъ*, профессоръ въ Галлѣ, съ помощію обыкновенной магнитной стрѣлки открылъ, что электрическая струя можетъ быть производима только посредствомъ нагрѣванія. Именно, ежели спаять концами двѣ изогнутыя полоски разнородныхъ металловъ, такъ чтобы изъ нихъ составился сомкнутый проводникъ; то, при обыкновенныхъ обстоятельствахъ, онъ не оказываетъ никакихъ явлений: но если нагрѣть одну его спайку, то въ немъ тотчасъ обнаружится электрическая струя, дѣйствующая на магнитную стрѣлку. Сіе дѣйствіе постепенно ослабѣваетъ, по мѣрѣ приближенія всѣхъ частей проводника къ равновѣсію въ температурѣ. Вѣроятно здѣсь электрическій токъ происходитъ отъ того, что, при нагрѣваніи спайки, измѣняется въономъ мѣстѣ электро-возбудительная сила двухъ металловъ. Подобное же дѣйствіе происходитъ, если одну спайку охлаждать.

355. *Ерштедъ* и Баронъ *Фурье* узнали потомъ изъ собственныхъ опытовъ, что ежели изъ полосокъ двухъ металловъ, именно сурьмы и висмута, составить шестиугольникъ $abcdef$ (фиг. 368), спаявъ оные попеременно; послѣ сего, расположивъ бокъ ed надъ магнитною стрѣлкою, нагрѣть спайку a, потомъ спайки a и c, и наконецъ спайки a, c, e: то сначала дѣйствіе намагнит. стрѣлку оказывается не велико, во второмъ случаѣ оно болѣе, а въ третьемъ еще болѣе. Наибольшее дѣйствіе получается, если будемъ нагрѣвать спайки a, c, e, и въ тоже время охлаждать b, d, f. — Изъ многихъ опытовъ они убѣдились, что *дѣйствіе такого многоугольника увеличивается почти прямо пропорціонально числу его сторонъ,*

и обратно пропорціонально длинѣ сторонъ. (Ann. de Phys. et de Chim. tom. XXII, p. 375).

Наконецъ *Беккерель* узналъ, что даже въ сомкнутомъ проводникѣ, состоящемъ только изъ одного металла, обнаруживается электрическій токъ, ежели нагрѣть какую нибудь часть онаго. Ann. de Phys. et de Chim. tom. XXIII.

536. Явленія сіи объясняютъ намъ происхожденіе электрическихъ токовъ на земной поверхности. Они должны происходить частію отъ разложенія электричества по причинѣ взаимнаго прикосновенія разнородныхъ массъ земной коры; частію же отъ того, что солнце нагрѣваетъ послѣдовательно разные меридіаны земли, имѣя видимое теченіе отъ востока къ западу: ибо сей часъ видѣли, что разность въ температурѣ частей одного и того же тѣла достаточна для произведенія въ немъ электрическихъ токовъ.

О взаимномъ дѣйствіи магнитовъ и другихъ тѣлъ природы.

537. Хотя только желѣзо, сталь, никкель и кобольтъ получаютъ сильный, болѣе или менѣе продолжительный магнитизмъ; однако же весьма естественно думать, что и другія тѣла природы способны приходить въ магнитное состояніе, по крайней мѣрѣ подъ вліяніемъ магнитовъ. Для повѣренія сей догадки, еще въ 1812 году Куломбъ дѣлалъ многіе точные опыты, и открылъ, что тонкая и легкая стрѣлка, сдѣланная изъ какого-бы то нибыло тѣла, повѣшенная на шелковинкѣ между разнородными полюсами двухъ сильныхъ магнитовъ, всегда направляется въ сторону сихъ полюсовъ. Сверхъ того, ежели сосчитать число ка-

ваній дѣлаемыхъ сими стрѣлками, когда онѣ бываютъ выведены изъ ихъ положенія равновѣсія, то найдется, что онѣ качаются быстрѣе въ присутствіи магнитовъ, нежели безъ оныхъ.

Какое изъ сего вывесть заключеніе? должно ли считать всѣ вещества способными пріобрѣтать магнитныя свойства, или оныя дѣйствія приписать присутствію частичекъ желѣза предполагаемаго въ оныхъ тѣлахъ. Состояніе науки не позволяло дѣлать рѣшительнаго заключенія прежде новыхъ явленій, открытыхъ Г-мъ Араго 1822 года. Сіи явленія двухъ родовъ: первыя имѣютъ своимъ предметомъ вліяніе тѣлъ покоющихся на движеніе магнитной стрѣлки; и вторыя — вліяніе движущихся тѣлъ на магнитную стрѣлку, въ покоѣ находящуюся; и первыя изъ сихъ явленій вполнѣ разрѣшаютъ то, что доселѣ было подвержено сомнѣнію.

538. *Вліяніе тѣлъ покоющихся на движеніе магнитной стрѣлки.* — Ежели магнитную стрѣлку вывесть изъ направленія магнитнаго меридіана; то она возвращается въ прежнее положеніе равновѣсія, совершая качанія, постепенно уменьшающіяся: наприм. ежели, въ началѣ, стрѣлка удалена была на $a°$; то, послѣ n числа качаній, сей уголъ уменьшится до a' градусовъ. Заставляя такимъ образомъ качаться магнитную стрѣлку надъ разными тѣлами, на весьма маломъ отъ нихъ разстояніи, Араго узналъ, что число n качаній, необходимыхъ для того, чтобы уголъ отдаленія уменьшился отъ $a°$ до $a'°$, зависитъ отъ природы оныхъ тѣлъ и ихъ отдаленія отъ стрѣлки.

Чтобы яснѣе имѣть понятіе о вліяніи тѣлъ на уменьшеніе ширины размаховъ стрѣлки, мы предста

вимѣ здѣсь нѣкоторые выводы, полученные *Зебекомъ*. Стрѣлка, имъ употребленная, была длиною въ 2½ дюймъ; онъ расположилъ ее на разстояніи 3 линій отъ круговъ сдѣланныхъ изъ разныхъ металловъ, и считалъ число качаній, необходимыхъ для того, чтобы ихъ ширина отъ 45 уменьшилась до 10°: тогда она сдѣлала

	Число качаній.	*Толстота круговъ сихъ:*
въ присутствіи ртути	112	2 линіи.
— — — — — золота	80	0,2 — —
— — — — — серебра	55	0,3 — —
— — — — — желѣза	6	0,4 — —

Въ одномъ изъ опытовъ Араго, магнитная стрѣлка въ свободномъ воздухѣ дѣла до 400 качаній, приходя къ равновѣсію; тогда какъ въ присутствіи мѣдной плиты она дѣлала только 4 качанія.

Изъ подобныхъ опытовъ найдено, что всѣ тѣла, и преимущественно металлы, находящіеся на достаточномъ разстояніи отъ магнитной стрѣлки, быстро уменьшаютъ ширину ея размаховъ, не измѣняя однако же продолженія оныхъ.

539. ***Вліяніе движущихся тѣлъ на магнитную стрѣлку, покоющуюся.*** — Г. Араго, руководимый тѣмъ началомъ механики, что *противодѣйствіе равно дѣйствію*, открылъ далѣе, что покоющаяся магнитная стрѣлка можетъ быть приведена въ движеніе вліяніемъ тѣлъ движущихся.

Приборъ, употребленный симъ ученымъ, состоитъ 1) изъ мѣднаго (или инаго) круга *ab* (фиг. 369), утвержденнаго горизонтально на вертикальной оси *xy*, приводимой въ быстрое и опредѣленное вращеніе посредствомъ часоваго механизма; 2) изъ магнитной стрѣлки, повѣшенной горизонтально на шелковинкѣ *mn* надъ са-

мымъ центромъ круга ab: верхній конецъ шелковинки прикрѣпленъ къ валику, посредствомъ котораго можно стрѣлку возвышать и понижать. Стрѣлка сія закрывается стеклянпымъ колпакомъ ABCD; а кругъ отъ стрѣлки отдѣляется листомъ бумаги cd, приклеенной къ краямъ круглаго отверстія; сдѣланнаго въ доскѣ MN надъ ab.

Когда кругъ ab есть металлическій, то довольно ему сообщить небольшую скорость вращенія, чтобы онъ могъ вывести магнитную стрѣлку изъ магнитнаго меридіана въ сторону своего движенія. Сила, отклоняющая стрѣлку, бываетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе скорость вращенія круга. Ежели движеніе *равномѣрно*, и скорость довольно мала; то стрѣлка отдаляется только на нѣсколько градусовъ, и останавливается. Увеличивая или уменьшая сію скорость, можно заставить стрѣлку отклониться на произвольный уголъ, лишъ бы онъ не сдѣлался тупымъ. Ибо, какъ скоро онъ становится болѣе прямаго, то стрѣлка увлекается далѣе, описываетъ цѣлую окружность, и обращается вмѣстѣ съ обращеніемъ круга, и стремится приобресть его скорость.

Въ одномъ изъ опытовъ Г. Араго, мѣдный кругъ имѣлъ толстоту до $\frac{1}{2}$ линіи: онъ, имѣя скорость вращенія отъ 4 до 5 оборотовъ въ 1$''$, сообщалъ непрерывное обращеніе стрѣлкѣ, которая находилась отъ него на разстояніи болѣе дюйма, и которой длина была почти равна діаметру круга.

540. Магнитное дѣйствіе вращающагося круга уменьшается по мѣрѣ его удаленія отъ стрѣлки. Такимъ образомъ стрѣлка, вращаемая кругомъ, бывъ не много

отдалена, получаетъ одно отклоненіе отъ меридіана, хотя скорость обращенія круга остается таже.

541. Природа круга имѣетъ самое большое вліяніе на движеніе стрѣлки: металлы производятъ сіе дѣйствіе сильнѣе, нежели большая часть другихъ тѣлъ; стекложе, дерево, бумага, вода, и проч. производятъ весьма слабое дѣйствіе.

542. Ежели въ мѣдномъ кругѣ сдѣлать узкіе прорѣзы по направленію радіусовъ его; то онъ теряетъ весьма большую часть своего дѣйствія на магнитную стрѣлку: по дѣйствіе почти со всемъ сдѣлается ничтожнымъ, если вмѣсто круга употребить опилки или обрѣзки сегоже металла.

Сіи любопытные опыты повторяемы были и другими учеными. Гг. *Гершель* и *Баббажъ* узнали, что относительное дѣйствіе металловъ на магнитную стрѣлку изображается числами:

Дѣйствіе мѣди 1,00; — свинца 0,25
— цинка 0,93; — сурьмы 0,09
— олова 0,46; — висмута 0,02.

Ониже показали, что мѣдному кругу, имѣющему прорѣзы, можно возвратить почти все его дѣйствіе, если оные прорѣзы запаять какимъ нибудь металломъ, даже висмутомъ.

543. Теорія дѣйствія движущихся круговъ на магнитныя стрѣлки еще не приведена къ совершенству. Предполагали, что каждый полюсъ стрѣлки производитъ на поверхности круга разнородный ему полюсъ, который уничтожается медленнѣе, нежели образуется. Но слѣдствія сего предположенія противорѣчатъ явленіямъ. Въ самомъ дѣлѣ, ежели къ чашкѣ вѣсовъ привѣсить на ниткѣ тонкую магнитную стрѣлку, и ура-

вновѣсить вѣсы; то сія стрѣлка будетъ отталкиваться мѣднымъ кругомъ, приведеннымъ подъ нею въ движеніе вращательное, и вѣсы начнутъ наклоняться на другую сторону. (Ann. Ch. et Phys. tom. 32).

О магнитизмѣ земнаго Шара.

544. Склоненіе и наклоненіе магнитной стрѣлки показало уже намъ, что Земля дѣйствуетъ какъ магнитная масса, въ которой электрическіе токи стремятся отъ востока къ западу: но слѣдующія явленія подтверждаютъ что она дѣйствуетъ на желѣзо, и можетъ возбуждать въ немъ магнитизмъ. 1) Сила магнита увеличивается, когда онъ долгое время остается въ одномъ положеніи, будучи обращенъ сѣвернымъ полюсомъ къ югу, а южнымъ къ сѣверу. 2) Всякая вертикальная или наклонная полоса, оставаясь долгое время въ воздухѣ, дѣлается магнитною, и получаетъ сѣв. полюсъ на верхнемъ концѣ, а на нижнемъ концѣ полюсъ южный. Сіе дѣйствіе земли происходитъ гораздо скорѣе когда полоса бываетъ расположена въ направленіи магнитнаго склоненія и наклоненія.

545. Магничевіе желѣза вліяніемъ земнаго Шара можно увеличивать разными механическими средствами, способными на нѣкоторое время ослаблять задерживательную силу онаго металла, каковы: удары, давленіе, треніе, скручиваніе, и проч. Если взять желѣзную проволоку въ 2 или 3 линіи въ діаметрѣ и отъ 12 до 15 дюймовъ длиною, закрѣпить одинъ ея конецъ неподвижно; потомъ сгибать оную и скручивать до толѣ, пока порвется: то она получитъ магнитныя свойства. Ежели взять желѣзную палку, длиною фута въ 2,

и, держа оную вертикально, ударять слегка молоткомъ по ея верхнему концу; то она сдѣлается магнитною, и будетъ имѣть сѣвер. полюсъ вверху, а южный внизу. Если же оную поворотить вверхъ нижнимъ концомъ, и по оному концу начать бить; то ея прежній магнитизмъ отъ дѣйствія земли уничтожится; потомъ опять возобновится; только полюсы примутъ другое положеніе. Тоже дѣйствіе произойдетъ, если ее уронить на твердое тѣло. См. о семъ опыты *Пёница* и *Скорезби* въ Gilberts Annalen, 1821.

Электрическіе разряды, дѣйствуя какъ ударъ, возбуждаютъ магнитизмъ въ проволокахъ, сквозь кои бываютъ пропускаемы Сіе дѣйствіе преимущественно зависитъ отъ положенія проволокъ въ отношеніи странъ свѣта, но мало отъ направленія разряда. Если магнитную стрѣлку расположить такъ, чтобы ея сѣверный полюсъ былъ обращенъ къ югу, и пропустить сквозь нее сильный электрическій разрядъ изъ батареи; то можетъ магнитизмъ ея ослабѣть, или уничтожиться, или полюсы ея перемѣнятся. Подобное дѣйствіе производитъ молнія на компасныя стрѣлки, и иногда перемѣняетъ ихъ полюсы. — Ежели пропустить электрическій разрядъ сквозь кусокъ проволоки, поставленной вертикально; то она становится магнитною и получаетъ вверху сѣверный полюсъ. Если же оную обратить; и снова пропустить разрядъ, то или уничтожится ея магнитизмъ, или ея полюсы перемѣнятся. — Если проволоку расположить отъ сѣв. къ югу; то дѣйствіемъ разряда она сильнѣе намагнитится, нежели при расположеніи отъ востока къ западу.

546. *Направленіе силы земнаго магнитизма.* — Въ каждомъ мѣстѣ земли, направленіе ея магнитной силы

узнается изъ положенія магнитной стрѣлки, привѣшенной свободно въ центрѣ ея тяжести. Пусть AB (фиг. 370) есть такая стрѣлка: очевидно, что ея южный полюсъ A притягивается къ сѣвери. магнитному полюсу земли съ нѣкоторою силою Aa; полюсъ же B отталкивается имъ съ силою Ba' равною Aa, и ей параллельною (по причинѣ малой длины стрѣлокъ, и великаго ихъ отдаленія отъ центра дѣйствія земли). Также и полюсъ B притягивается къ южн. полюсу земли съ силою Bb, а полюсъ A имъ отталкивается съ силою Ab' параллельною и равною Bb. Отъ сложенія оныхъ силъ получаются равнодѣйствующія AR, BR', равныя, параллельныя и направленныя въ противныя стороны. Сіи-то двѣ силы и поворачиваютъ магнитную стрѣлку AB до толѣ, пока ось ея соупадетъ съ направленіемъ ихъ: тогда она и останется въ покоѣ, и будетъ указывать склоненіе и наклоненіе. —

547. *Компасъ склоненія* (Declinatorium). — Простѣйшій компасъ для наблюденія склоненія составляется изъ магнитной стрѣлки, имѣющей видъ ромба (фиг. 371); въ центрѣ ея утверждается агатовая шляпка, которою она надѣвается на стальное остріе; на южный ея конецъ прикрѣпляется противовѣсъ, дабы стрѣлка держалась въ горизонтальномъ положеніи. Весь оный приборъ утверждаютъ въ особомъ ящикѣ, въ которомъ дѣлаютъ круговое дѣленіе, въ центрѣ коего находится остріе, поддерживающее стрѣлку. Расположивъ сей приборъ такъ, чтобы остріе было вертикально, и чтобы одинъ изъ радіусовъ круга находился въ географическомъ меридіанѣ; конецъ стрѣлки, обращенный къ сѣверу, вышедши изъ сего меридіана, будетъ намъ показывать *склоненіе*. Склоненіе бываетъ *восточное* или *за*-

падное, смотря потому, на востокъ или западъ склоняется сѣверный конецъ стрѣлки, удаляясь изъ меридіана географическаго. Въ начальныхъ основаніяхъ физики нельзя представить описанія и употребленія инструментовъ магнитнаго склоненія весьма сложныхъ, имѣющихъ всю желаемую точность, и употребляемыхъ только на обсерваторіяхъ, каковые придуманы *Гамбеемъ*, *Горнеромъ* и *Поггендорфомъ*. О семъ можно читать въ Elémens de Physique, par M. Pouillet; tome premier, 2-e partie. Или лучше въ Die Naturlehre, v. Baumgarner, Supptementband; St. 715.

548. *Компасъ наклоненія* (Inclinatorium). — Онъ состоитъ изъ круга AB, устанавливаемаго горизонтально посредствомъ трехъ винтовъ *a*, *b*, *c*, и двухъ ватерпасовъ *vv* съ воздушными пузырьками (фиг. 372). Въ центрѣ сего круга утверждается ось къ нему перпендикулярная, поддерживающая вертикальный мѣдный кругъ, могущій обращаться на оной оси во всѣ стороны; и коего центръ съ центромъ нижняго круга находится на одной вертикальной прямой. Чрезъ центръ сего круга проходитъ горизонтальная ось, опирающаяся своими концами на подпоры EF, и поддерживающія стрѣлку магнитную въ центрѣ ея тяжести. Сія-то стрѣлка и можетъ показывать магнитное наклоненіе. Строеніе сего прибора имѣетъ многія трудности, и хорошій инструментъ есть вещь очень рѣдкая.

При употребленіи сего прибора, надлежитъ всегда располагать оный такъ, чтобы вертикальный кругъ находился въ плоскости магнитнаго меридіана; ибо въ семъ случаѣ, стрѣлка покажетъ склоненіе вѣрно: во всѣхъ же другихъ положеніяхъ она наклоняется слишкомъ сильно; она даже дѣлается вертикальною, когда

плоскость ея круга бываетъ перпендикулярна къ магнитному меридіану.

549. *Величина земнаго магнитизма.*— И такъ, когда магнитная стрѣлка, привѣшенная въ центрѣ ея тяжести, находится въ магнитномъ меридіанѣ; то ея направленіе AB (фиг. 373) даетъ намъ *направленіе* двухъ силъ равныхъ и противоположныхъ R, R′, въ кои совокупляются всѣ притяженія и отталкиванія производимыя на нее землею. *Величина силы* R *земнаго магнитизма* измѣряется квадратомъ числа качаній, дѣлаемыхъ сею стрѣлкою въ плоскости магнитнаго меридіана.

Упомянутыя силы R, R′ можно замѣнить двумя горизонтальными AH = BH, и двумя вертикальными AV, BV, и представлять себѣ, что стрѣлка побуждается въ направленіе AB оными силами. Означивъ чрезъ i уголъ наклоненія стрѣлки, имѣемъ

$$BV = R.\sin i, \quad BH = R.\cos i.$$

Силы BN и BV можно опредѣлить по одиначкѣ: для сего къ концу B стрѣлки привѣсимъ вѣсъ p, достаточный для уравновѣшенія вертикальныхъ силъ AV, BV; тогда стрѣлка сдѣлается горизонтальною, приметъ положеніе ab, и будетъ подвержена только дѣйствію силъ горизонтальныхъ AH, BH. Заставляя качаться оную стрѣлку, можно узнать n' качаній, дѣлаемыхъ ею въ 1′ времени: тогда n'^2 будетъ число пропорціональное силѣ $BH = R\cos i$. — Ежели извѣстенъ уголъ i магнитнаго наклоненія; то, раздѣливъ n'^2 на $\cos i$, найдется вся сила земнаго магнитизма.

550. Ежели поворотить кругъ вмѣстѣ съ стрѣлкою наклоненія, и поставить въ плоскости перпендикулярной къ магнитному меридіану; то уничтожатся

оризонтальныя силы AH, BH, а останутся силы вертикальныя AV, BV, отъ дѣйствія коихъ стрѣлка приметъ вертикальное положеніе. Въ семъ случаѣ, заставивъ стрѣлку качаться, и сосчитавъ число n качаній сдѣланныхъ сю въ 1′ времени, получимъ число n^2, пропорціональное силѣ $R.sini = BV$.

Ежели стрѣлку наклоненія заставить покачаться въ плоскости магнитнаго меридіана, и замѣтить число N качаній въ 1′ времени; а потомъ сосчитать число n качаній дѣлаемыхъ сю въ такое же время, въ плоскости перпендикулярной къ сему меридіану; то получимъ

$$R : BV = N^2 : n^2, \text{ или}$$

$$R : R.sini = N^2 : n^2; \text{ откуда}$$

$$sini = \frac{n^2}{N^2}$$

Симъ способомъ можно опредѣлять весьма точно уголъ наклоненія i магнитной стрѣлки.

551. *Измѣненія силы земнаго магнитизма.* — Опредѣляя величину силы земнаго магнитизма найдено:

1) Что она, съ удаленіемъ отъ земной поверхности на большія разстоянія, примѣтно не уменьшается, какъ видно изъ наблюденій, дѣланныхъ *Соссюромъ* на горѣ Мон-бланъ, *Гумбодтомъ* на г. Шимборазо, *Росселемъ* въ Новой Голландіи, и Гг. *Гей-Люсакомъ* и *Біотомъ* во время ихъ аэростатическаго путешествія.

2) Изслѣдованія, дѣланныя *Гумбольдтомъ* показали, что сила земнаго магнитизма увеличивается по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ земли. Въ самомъ дѣлѣ, стрѣлка наклоненія, которая, при отъѣздѣ Гумбольдта въ Америку, дѣлала въ Парижѣ 245 качаній въ 10 минутъ, въ Перу дѣлала только 211. Нельзя опасать-

ся, чтобы сія разность произошла отъ измѣненія силы магнитизма самой стрѣлки; ибо она, бывъ привезена опять въ Парижъ, дѣлала также 245 качаній въ 10 минутъ. Изъ сего видно, что силы земнаго магнитизма въ Перу и Парижѣ относятся между собою какъ $211^2 : 245^2 = 10 : 13,5$.

Сіе важное открытіе увеличенія силы магнитизма по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ, было потомъ подтверждено наблюденіями Капитановъ Парри, Фрейсине, и другихъ.

Многіе ученые старались опредѣлить, измѣняется ли сила земнаго магнитизма, на одномъ и томъ же мѣстѣ въ продолженіе одного дня, или года. Мы приведемъ здѣсь слѣдствія наблюденіи Г. *Ганштеена* (Норвежскаго ученаго), который занимался онымъ предметомъ въ послѣдніе годы. Стрѣлка имъ употребленная была цилиндрическая въ $2\frac{3}{4}$ дюйма длиною и $\frac{3}{4}$ линіи въ діаметрѣ. Она повѣшена была на некрученой шелковинкѣ, и, для избѣжанія колебаній отъ воздуха, заключена въ стеклянную коробку, на днѣ коей начерченъ кругъ раздѣленный на градусы, и служащій для измѣренія ширины размаховъ. Таковъ впрочемъ приборъ употребляютъ и вездѣ для оной цѣли. Ганштеенъ только тогда начинаетъ считать качанія, когда полуразмахъ сдѣлается въ 20°, и замѣчаетъ по хронометру *среднее продолженіе постояннаго числа качаній*: силы земнаго магнитизма будутъ обратно пропорціональны квадратамъ оныхъ продолженій (83). При своихъ опытахъ онъ бралъ за единицу продолженія 300 качаній въ 813″,6: слѣдственно сила F для продолженія времени T того же числа качаній найдется изъ пропорціи

$$F : 1 = (813'',6)^2 : T^2.$$

552. Производя наблюденія въ разные часы дня, и въ продолженіе разнымъ мѣсяцовъ года, онъ открылъ:

1) Сила земнаго магнитизма подвержена дневному измѣненію. Она бываетъ *наименьшая* между 10 и 11 часами утра, а *наибольшая* — зимою между 4 и 5 часами по полудни, лѣтомъ же — между 6 и 8 часами. 2) Наименьшая сила въ году бываетъ въ Январѣ, а наибольшая въ Іюлѣ.

553. *Измѣненія въ склоненіи и наклоненіи.* — Склоненіе магнитной стрѣлки въ различныхъ мѣстахъ бываетъ весьма различно, и простирается отъ 0° до 45°. Впрочемъ находится множество точекъ на земной поверхности, гдѣ направленіе магнитной стрѣлки соупадаетъ съ меридіаномъ географическимъ. Кривыя, проходящія чрезъ таковыя точки, называются *линіями безъ склоненія.* Таковыхъ линій извѣстно четыре: первая въ западномъ Океанѣ между Старымъ и Новымъ свѣтомъ (близъ Филадельфіи); вторая, почти прямо противоположная первой, начинается въ южномъ Океанѣ съ южной стороны Новой Голландіи, и продолжается на сѣверъ даже въ Лапландію. Третья отдѣляется отъ предъидущей близъ великаго Азійскаго Архипелага, и возвышается до восточной части Сибири. Наконецъ, найдены еще слѣды линій безъ склоненія въ Тихомъ Океанѣ, близъ острововъ Дружбы и Товарищества.

554. Склоненіе измѣняется въ одномъ и томъ же мѣстѣ. Въ Парижѣ, 1580 года, оно было восточное, и равнялось 11°,30; потомъ оно постепенно уменьшалось, и въ 1666 году сдѣлалось равнымъ нулю. Отъ 1666 года склоненіе остается западнымъ; оно въ 1819 году

доходило до 22°,29; а теперь начинаетъ уменьшаться. Изъ сего видно, что линіи безъ склоненія непостоянны; но каждогодно перемѣняютъ свое мѣсто.

555. Сверхъ сего магнитная стрѣлка подвержена *каждодневнымъ измѣненіямъ въ склоненіи.* *Кассини* замѣтилъ, что наибольшее дневное склоненіе бываетъ между полуднемъ и 3 часами вечера; послѣ сего стрѣлка останавливается, а потомъ возвращается къ востоку до 8 или 10 часовъ вечера, и тогда остается въ покоѣ во всю ночь. Съ 8 часовъ утра опять начинается тотъ же періодъ. Величина дневнаго измѣненія непостоянна, и зависитъ отъ мѣста и времени. По наблюденіямъ *Кассини*, средняя величина дневнаго склоненія, въ Парижѣ, въ продолженіи мѣсяцовъ Апрѣля, Мая, Іюня, Іюля, Августа и Сентября, она простирается отъ 13′ до 15′; а въ прочіе мѣсяцы оно доходитъ до 10. Въ Лондонѣ же средняя величина дневнаго измѣненія бываетъ отъ 19′ до 20′, въ Іюнѣ и Іюлѣ; а въ Декабрѣ оно бываетъ отъ 7′ до 8′. По наблюденіямъ Академика *Купфера*, склоненіе магнитной стрѣлки въ С. Петербургѣ, въ концѣ 1833 года было $=$ 6°20′ западное. Оно уменьшается каждогодно отъ 1′ до 2′; суточная перемѣна въ склоненіи достигаетъ лѣтомъ до 20′; *наименьшее суточное склоненіе* бываетъ въ 8 часовъ утра, а *наибольшее* — въ 2 часа по полудни; посему *среднее дневное склоненіе* случается около 11 часовъ по полуночи.

Наблюденія Макдоналя и Фрейсине показываютъ, что между тропиками дневное измѣненіе менѣе, нежели въ нашихъ климатахъ. Они же узнали, что дневныя измѣненія въ склоненіи на двухъ магнитныхъ полушаріяхъ происходятъ въ противныя стороны; то есть,

что на южномъ полушаріи стрѣлка склоняется къ востоку въ то самое время, когда на сѣверномъ полушаріи она отступаетъ къ западу.

556. Кромѣ правильныхъ измѣненій въ склоненіи стрѣлки, бываютъ еще неправильныя, происходящія при появленіи *сѣверныхъ сіяній*, землетрясеній, изверженій вулканическихъ, грозы и проч.

557. *Измѣненія въ наклоненіи.* — Мы видѣли, что наклоненіе магнитной стрѣлки увеличивается съ широтою мѣста, и простирается отъ 0° до 90°. Около земнаго Экватора находится множество точекъ, гдѣ магнитная стрѣлка не имѣетъ наклоненія. Кривая, воображаемая чрезъ оныя точки, называется *магнитнымъ Экваторомъ.* Онъ пересѣкается съ Экваторомъ географическимъ въ трехъ или четырехъ узлахъ, и отклоняется отъ онаго до 12°. Положеніе сихъ узловъ, *видъ линій безъ склоненія опредѣлены Морлетомъ* и *Ганштееномъ.*

Наклоненіе въ одномъ и томъ же мѣстѣ непостоянно. Такимъ об. въ Парижѣ

1671 года, оно было 75°
1791 — — — 70°,52
1826 — — — 68,00.

Въ С. Петербургѣ, 1820 года, въ мѣсяцѣ Мартѣ, наклоненіе было 71°31′; а въ Январѣ 1834 года оно было = 71° 9′,3. Оно теперь уменьшается каждогодно отъ 3′ до 4′; а суточная періодическая перемѣна въ наклоненіи простирается лѣтомъ до 6′.— Сравни съ симъ наблюденія земнаго магнитизма, дѣланныя другими учеными, показанныя въ Handbuch der Naturlehre von Dr. G. W. *Muncke*, St. 853—867.

Такъ какъ наклоненіе измѣняется въ каждомъ мѣстѣ

со временемъ, что положеніе магнитнаго экватора не должно быть постоянно, какъ и дѣйствительно показали наблюденія Ганштена.

Заключеніе. — Электро-магнитныя явленія, открытыя Амперомъ, довольно хорошо показываютъ, отъ чего происходятъ измѣненія дневныя и годовыя въ магнитномъ склоненіи и наклоненіи. Ибо электрическіе токи на земной поверхности могутъ измѣнять нѣсколько свое положеніе, какъ въ продолженіи года, такъ и въ продолженіи сутокъ, по причинѣ разности въ температурѣ дня и ночи, лѣта и зимы.

КОНЕЦЪ.

ПРИБАВЛЕНІЯ.

ПРИБАВЛЕНІЕ I (стран. 43).

Вотъ теоретическій выводъ формулъ для равномѣрноускорит. движенія. Пусть тѣло движется равномѣрно-ускорительно въ продолженіи t секундъ: оно въ первую секунду пройдетъ нѣкоторое пространство $\frac{1}{2}g$, и приобрѣтетъ нѣкоторую скорость c, съ каковою движась равномѣрно, оно въ слѣдующую секунду прошло бы пространство c; но какъ въ сіе же время ускорительная сила заставитъ тѣло пройти еще пространство $\frac{1}{2}g$, то все пространство, перейденное во вторую секунду будетъ $c+\frac{1}{2}g$. Въ концѣ двухъ секундъ тѣло приобрѣтетъ скорость $2c$, и въ третью секунду прошло бы пространство $2c$, если бы сила перестала на него дѣйствовать: но какъ въ оную же секунду сила заставитъ тѣло еще пройти пространство $\frac{1}{2}g$, то все пространство, перейденное въ третью секунду, будетъ $2c+\frac{1}{2}g$, и т. д., то есть:

Времена.	Пространства.
отъ $0''$ до $1''$	$\frac{1}{2}g$
« 1 « 2	$c+\frac{1}{2}g$
« 2 « 3	$2c+\frac{1}{2}g$
. . . .	. . . .
« $(t-1)$ « t	$(t-1)c+\frac{1}{2}g$

Все же проспранство e, перейденное въ t секундъ, найдется

$$e = c + 2c + 3c + \ldots + (t-1)\, c + \tfrac{1}{2} gt, \text{ или}$$

$$e = \frac{ct^2}{2} + \frac{(g-c)\,t}{2}.$$

Скорость же v, въ концѣ времени t секундъ движенія, получится

$$v = ct.$$

Теперь положимъ, что, въ концѣ времени t, сила ускорительная перестала дѣйствовать на тѣло; тогда оно съ пріобрѣтенною скоростію ct начнетъ двигаться *равномѣрно*, и въ каждую секунду будетъ проходить проспранство ct; слѣдственно въ слѣдующіе t секундъ пройдетъ проспранство

$$E = ct^2,$$

которое очевидно будетъ болѣе пространства e; и можно положить, что $e = \frac{E}{n}$, или

$$\frac{ct^2}{2} + \frac{(g-c)t}{2} = \frac{ct^2}{n}, \text{ или}$$

$$\frac{ct}{2} + \frac{g-c}{2} = \frac{ct}{n} \ldots\ldots\ldots (a),$$

гдѣ n есть нѣкоторое число, которое опредѣлить должно.

Если бы тоже тѣло, отъ дѣйствія той же ускорительной силы двигалось въ другое время t'; то нашли бы также

$$\frac{ct'}{2} + \frac{g-c}{2} = \frac{ct'}{n'}.$$

Вычитая сіе уравненіе изъ (a), получаемъ

$$\frac{t-t'}{2} = \frac{t}{n} - \frac{t'}{n'}.$$

Сіе равенство имѣетъ мѣсто для всякаго t', а слѣдо-

вательно и для $t'=o$: посему $\frac{t}{2}=\frac{t}{n}$; откуда $n=2$.
Въ слѣдствіе сего, изъ уравненія (a) имѣемъ

$$\frac{g-c}{2}=o, \text{ или } c=g;$$

посему

$$v=gt,$$
$$\text{и } e=\tfrac{1}{2}gt^2.$$

Что и требовалось доказать.

ПРИБАВЛЕНІЕ 2 (стран. 79).

Пусть МmО (фиг. 374) есть сложный маятникъ, составленный изъ тѣлъ М, m, привѣшенныхъ на негибкой и неимѣющей вѣса нити МО. Пусть С есть искомый *центръ качанія*, и слѣдоват. СО искомая длина простаго маятника, замѣняющаго данный сложный маятникъ; АО вертикальная линія, около которой маятникъ качается. Если бы массы М, m висѣли на особыхъ нитяхъ, то первая изъ нихъ описала бы полуразмахъ ma въ то время, какъ вторая прошла бы дугу М$b=ma$ (ибо, при равныхъ ускорительныхъ силахъ, пространства пропорціональны квадратамъ временъ), и обѣ массы приобрѣли бы равныя скорости при точкахъ a, b (ибо $v:v'=\frac{2e}{t}:\frac{2e'}{t'}$; по М$b=ma$ или $e=e'$, и $t=t'$, то и $v=v'$), которыя мы и можемъ изобразить дугами Мb, ma. Но, по причинѣ неизмѣнной связи оныхъ тѣлъ, и отъ взаимнаго ихъ другъ на друга дѣйствія, сіи скорости измѣняются: одинъ только центръ С качанія сохраняетъ оную скорость. Именно : когда маятникъ придетъ въ положеніе *про* такое, чтобы центръ качанія описалъ дугу С$q=am=$Мb;

тогда тѣло m опишетъ дугу mp въ тоже время, въ какое бы оно описало дугу ma, будучи свободно; а M опишетъ дугу Mn : слѣдовательно тѣло m потеряетъ скорость pa, а M приобрѣтетъ скорость bn.

Сила движенія, потерянная тѣломъ m будетъ $= m.ap$, а сила движенія, приобрѣтенная тѣломъ M .... $= M.bn$. Для равенства дѣйствія оныхъ силъ, нужно, чтобъ онѣ были обратно пропорціональны ихъ разстояніямъ до оси O, то есть

$$m \cdot ap : M \cdot bn = MO : mO, \text{ или}$$

$$\frac{m.ap}{bn} : M = MO : mO.$$

Изъ $\Delta apq \backsim \Delta bnq$ находимъ

$$\frac{ap}{bn} = \frac{aq}{bq} = \frac{Cm}{CM}; \text{ посему}$$

$$\frac{m.Cm}{CM} : M = MO : mO.$$

А полагая $mO = a$, $MO = b$, $CO = x$, найдется

$Cm = x - a$, $CM = b - x$, и $\frac{m(x-a)}{b-x} : M = b:a$; откуда.

$$X = \frac{ma^2 + Mb^2}{ma + Mb}$$

Ежели сложный маятникъ состоитъ изъ одного тяжелаго шара A (фиг. 26), висящаго на проволокѣ BO, у которой центръ тяжести находится въ D на $\frac{1}{2}$ BO; и ежели A $=$ 800 золотниковъ, BO $=$ 1 золотн.,

$$AO = b = 36 \text{ дюйм.}, \ DO = 15 \text{ дюйм.} = a:$$

$$\text{то } X = \frac{1.15^2 + 800.36^2}{1.15 + 800.36} = 35{,}99 \text{ дюймамъ.}$$

Слѣдственно, въ семъ случаѣ, центръ качанія почти точно соупадаетъ съ центромъ A шара.

ПРИБАВЛЕНІЕ 3. (стран. 265).

Выводъ формулы для барометрическаго измѣренія высотъ.

Положимъ, что требуется найти возвышеніе AH = X мѣста H надъ поверхностію моря MN (фиг. 375), на широтѣ 45°, при температурѣ 0°, и предполагая, что барометръ въ нижнемъ станѣ A показываетъ давленіе $h = 0{,}76$ метра. Для сего раздѣлимъ столбъ AH воздуха на n слоевъ равной высоты $Am = mn = np = \ldots = a$ столь тонкихъ, чтобы въ каждомъ отдѣльномъ слоѣ можно было вездѣ принять плотность постоянною: тогда будетъ

$$AH = X = a.n.$$

Пусть $h, h_1, h_2, h_3, \ldots h_n$ суть высоты ртути въ барометрѣ при точкахъ A, m, n, p, … H; и пусть g g', g'', g''', … g^n напряженія силы тяжести при тѣхъ же точкахъ.

Чтобы найти уравненіе, коимъ выражается отношеніе между высотами ртути въ барометрѣ и соотвѣтственными имъ возвышеніями слоевъ воздуха надъ поверхностію моря, возмемъ вѣсъ нижняго слоя Am воздуха.

$$\text{вѣсъ возд. } Am = Vdg,$$

гдѣ V есть объемъ, d плотность воздуха при 0°, взятая въ отношеніи къ ртути, которой плотность примемъ за 1-цу. — Или, принимая основаніе столба Am или AH за 1-цу, будетъ $V = 1 . a = a$; слѣдоват.

$$\text{вѣсъ возд. } Am = a.dg \text{; откуда}$$

$$d = \frac{\text{вѣс. } Am}{ag} = \frac{\text{вѣсъ } (AT - mT)}{ag}.$$

или, взявъ вмѣсто вѣсовъ AT, mT воздуха равные имъ вѣсы hg, $h_{\prime}g'$ столбовъ h, $h_{\prime}$ ртути, имѣющихъ тоже основаніе, и плотность равную единицѣ, будетъ

$$d = \frac{hg - h_{\prime}g'}{ag}.$$

Зная, что плотность d слоя Am воздуха пропорціональна давленію, производимому вѣсомъ $h_{\prime}g'$ всей колонны воздуха mT, можно положить

$$d = Ch_{\prime}g',$$

гдѣ C есть постоянное количество; посему

$$\frac{hg - h_{\prime}g'}{ag} = Ch_{\prime}g'; \text{ откуда}$$

$$h_{\prime}g' = \frac{hg}{1 + aCg} = hg\,(1 + aCg)^{-1}$$

Сіе выраженіе разлагая въ рядъ, и ограничиваясь только первыми двумя членами (ибо количество a можно взять столь малымъ, сколько угодно), получится давленіе

$$h_{\prime}g' = hg(1 - aCg).$$

Точно такимъ же образомъ изъ вѣса втораго слоя mn нашли бы

$$h_2g'' = \frac{h_{\prime}g'}{1 + aCg'}, \text{ или}$$

$$h_2g'' = hg\,(1 - aCg)\,(1 - aCg'),$$

и такъ далѣе. Наконецъ

$$h_ng^n = hg\,(1 - aCg)(1 - aCg')(1 - aCg'')\ldots\ldots(1 - aCg^{n-1}); \text{ отсюда}$$

$$log\frac{h_n}{h} + log\frac{g^n}{g} = log(1 - aCg) + log(1 - aCg') + \ldots\ldots + log(1 - aCg^{n-1}).$$

Но какъ вообще $log\,(1 - z) = -\frac{1}{m}(z + \frac{1}{2}z^2 + \frac{1}{3}z^3 + \ldots\ldots)$

то разложивши въ ряды всѣ логариѳмы второй части уравненія, и откинувши всѣ степени количества a, высшія первой, получимъ

$log\ \frac{hn}{h} + log\frac{g^n}{g} = -\frac{aCg}{m}\left(1+\frac{g'}{g}+\frac{g''}{g}+\ldots+\frac{g^{n-1}}{g}\right)$; отсюда

$$a = \frac{log\frac{h}{h_n} + log\frac{g}{g^n}}{\frac{Cg}{m}\left(1+\frac{g'}{g}+\frac{g''}{g}+\ldots+\frac{g^{n-1}}{g}\right)}$$

Сіе подставляя въ $AH = X = an$, получаемъ

$$X = \frac{n.log\frac{h}{h_n} + nlog\frac{g}{g^n}}{\frac{Cg}{m}\left(1+\frac{g'}{g}+\frac{g''}{g}+\ldots+\frac{g^{n-1}}{g}\right)}$$

Поелику тяжесть дѣйствуетъ въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній; то, назвавъ буквою R радіусъ земнаго Шара, можно вмѣсто $\frac{g'}{g}$, $\frac{g''}{g}$, ... $\frac{g^{n-1}}{g}$ подставить $\frac{R^2}{(R+a)^2}$, $\frac{R^2}{(R+2a)^2}$, $\frac{R^2}{(R+3a)^2}$, ... $\frac{R^2}{(R+X)^2}$ или приближенно $1-\frac{2a}{R}$, $1-\frac{2.2a}{R}$, $1-\frac{2.3a}{R}$, ... $1-\frac{2X}{R}$, а вмѣсто $\frac{g}{g^n}$ взять $\left(\frac{R+(n+1)a}{R}\right)^2$ или $\left(\frac{R+X}{R}\right)^2$: отъ чего выраженіе X сдѣлается

$$X = \frac{n\,log\frac{h}{h_n} + 2nlog\left(1+\frac{X}{R}\right)}{\frac{Cg}{m}\left(1+1-\frac{2a}{R}+1-\frac{2.2a}{R}+ -\frac{2.3a}{R}\ldots+1-\frac{2X}{R}\right)}$$

Или, полагая $log\frac{h}{h_n} + 2log\left(1+\frac{X}{R}\right) = A$, будетъ

$$X = \frac{nA}{\frac{Cg}{m}\left\{n-\frac{2a}{R}(1+2+3\ldots+n)\right\}} = \frac{A}{\frac{Cg}{m}\left(1-\frac{a(n+1)}{R}\right)}$$

Но какъ $\frac{a(n+1)}{R}$ есть тоже, что $\frac{an}{R} = \frac{X}{R}$ (ибо a можно всегда взять весьма малымъ); то

$$X = \frac{A}{\frac{Cg}{m}\left(1 - \frac{X}{R}\right)}$$

или разлагая $\frac{1}{1-\frac{X}{R}}$ въ рядъ, и довольствуясь только первою степенью весьма малой дроби $\frac{X}{R}$, получимъ

$$X = \frac{m}{Cg} \cdot A\left(1 + \frac{X}{R}\right).$$

Сію формулу можно примѣнить и для опредѣленія высоты $AH = X$, считаемой отъ поверхности моря, при температурѣ $0°$, и давленіи $h = 0{,}76$ метра, и на всякой иной широтѣ L. Для сего должно только вмѣсто g подставить $g\,(1 - 0{,}002837 . \cos 2L)$; потомъ разложить въ рядъ дробь $\frac{1}{1 - 0{,}002837 . \cos 2L}$, ограничиваясь только двумя первыми ея членами, и будетъ

$$X = \frac{m}{Cg}(1 + 0{,}002827 . \cos 2L) A\left(1 + \frac{X}{R}\right).$$

Количество $Cg = \frac{D}{0{,}76}$, гдѣ D есть плотность воздуха при $0°$, и при давленіи $0{,}76$ метра; посему

$$X = \frac{0{,}76 . m}{D}(1 + 0{,}002837 . \cos 2L) A\left(1 + \frac{X}{R}\right).$$

Мы предполагали, что температура $= o$, по всей высотѣ AH: но этого никогда не бываетъ. Пусть температура нижняго стана $= T$, а въ верхнемъ станѣ она $= t$; средняя температура по всему возвышенію будетъ почти $\frac{T+t}{2}$; слѣдственно средняя плотность воздуха на ономъ пространствѣ будетъ

$$\frac{D}{1 + 0{,}00375\left(\frac{T+t}{2}\right)};$$

если же принять въ счетъ, что въ воздухѣ всегда находятся пары воды, то, отъ вліянія ихъ, плотность воздуха будетъ

$$\frac{D}{1+0{,}002(T+t)} = \frac{D}{1+\frac{2\,(T+t)}{1000}}.$$

Сіе подставляя вмѣсто D получимъ

$$X = \frac{0{,}76m}{D}(1+0{,}002837.\cos 2L)\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right) A \left(1+\frac{X}{R}\right).$$

Мы предполагали также что высоты h, h_n ртути въ барометрахъ имѣли температуру 0°; между тѣмъ какъ температура ртути въ нижнемъ станѣ можетъ быть T', а въ станѣ верхнемъ t'; и сверхъ сего оныя температуры не рѣдко бываютъ различны отъ T, t. Посему, чтобы привесть h, h_n къ температурѣ 0°, довольно только h помножить на $1+\frac{T'-t'}{5550}$,

гдѣ $\frac{1}{5550}$ есть истинное разширеніе ртути на каждый градусъ Ц. термометра: отъ сего количество A сдѣлается

$$\log h - \log h_n \left(1+\frac{T'-t'}{5550}\right) + 2\log\left(1+\frac{X}{R}\right).$$

Количество $\frac{0{,}76m}{D}$ равно 18333 метрамъ; потому что модуль $m = 2{,}302585$, а плотность **D** воздуха, взятаго на широтѣ 45° и при температурѣ 0°, равна $\frac{1}{10476}$ плотности ртути: и слѣдственно

$$X = 18333(1+0{,}002837.\cos 2L)\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)\left\{\log h - \log h_n\left(1+\frac{T'-t'}{5550}\right) + 2\log\left(1+\frac{X}{R}\right)\right\}\left(1+\frac{X}{R}\right)$$

Все сіе количество надлежало бы помножить еще

на $1+\frac{2Z}{R}$, если бы нижній станъ былъ не при поверхности моря, но возвышался надъ онымъ на Z метровъ.

Должно замѣтить, что когда сія формула сдѣлалась извѣстною, не было еще найдено точнаго отношенія между плотностями ртути и воздуха; коэффиціентъ $\frac{0,76.m}{D}$ оставался неизвѣстнымъ. Почему Рамонъ старался опредѣлить его изъ наблюденій: онъ, сравнивая барометрическія наблюденія съ прямымъ и точнымъ нивеллированіемъ, нашелъ оный коэффиціентъ равнымъ 18336. Сіе удивительное сходство доказываетъ рѣшительно, что выведенная формула имѣетъ великую точность.

Найденная формула кажется не совсѣмъ рѣшенною, потому что содержитъ X въ обѣихъ частяхъ: но если обратить вниманіе на то, что X во второй части раздѣленъ на радіусъ R земнаго шара, который равенъ 6366198 метрамъ; то, для перваго приближенія, можно положить $\frac{X}{R}=0$; отъ сего получится величина для X уже весьма близкая къ истинной, которую надлежитъ потомъ подставить во вторую часть уравненія. Послѣ сего получится новая величина для X, которую и можно будетъ принять за истинную.

Точной, выведенной нами формулѣ можно дать видъ простѣйшій, включая въ постоянный коэффиціентъ поправку относительно уменьшенія тяжести по вертикальному направленію, именно

$$X=18393(1+0,002837\cos 2L)\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)\left\{\log h-\log h_n\left(1+\frac{T'-t'}{5550}\right)\right\}$$

Въ семъ видѣ формула имѣетъ еще всю желаемую точность. Таблицы, вычисленныя по оной, даютъ возможность получать X посредствомъ одного сложенія

и вычитанія. И въ семъ случаѣ коэффиціентъ 18393 метровъ найденъ Рамономъ изъ многочисленныхъ его наблюденій.

Употребленіе сей формулы для измѣренія высотъ.— При опредѣленіи высоты какой ни есть горы должны быть два наблюдателя, одинъ въ верхнемъ станѣ, а другой въ нижнемъ. Они, имѣя съ собою точные барометры, должны замѣтить въ нихъ высоту стоянія ртути, также температуры T′, t′ ртути посредствомъ термометровъ, находящихся при барометрахъ, и температуры T, t воздуха съ помощію свободныхъ термометровъ. Таковыхъ наблюденій должно сдѣлать нѣсколько, дабы изъ нихъ получить среднія величины.

Инструменты наблюдателей должны быть весьма точны и сравнительны въ ходѣ ихъ; они должны имѣть при себѣ ноніи для опредѣленія мелкихъ частей ихъ размѣра. Сіи приборы должны быть сравнены между собою до и послѣ наблюденія, чтобы быть увѣрену, имѣютъ ли они совершенное согласіе.

Надлежитъ дѣлать наблюденія въ погоду сколько возможно тихую и ясную, дабы избѣжать сколько можно болѣе причинъ, имѣющихъ вліяніе на точность. Барометры должно вѣшать вертикально, и оставлять на четверть часа, чтобы прекратились въ нихъ качанія ртути, и чтобы термометры успѣли прійтти къ равновѣсію въ температурѣ съ воздухомъ. Лучшее время для барометрическихъ наблюденій лѣтомъ, спустя 2 часа по возхожденіи и за 2 часа до захожденія солнца.

Чѣмъ ближе наблюдатели, тѣмъ вѣрнѣе получается разность высотъ: ибо, при большихъ разстояніяхъ, самыя мѣстныя обстоятельства могутъ измѣнять давленіе

воздуха и его температуру. Слѣдственно, во всѣхъ отношеніяхъ тѣмъ болѣе надлежитъ брать предосторожностей, чѣмъ далѣе отстоитъ одно мѣсто наблюденія отъ другаго.

При измѣреніи не слишкомъ высокихъ горъ можно употребить и одинъ барометръ: ибо можно предположить, что въ то короткое время, которое надлежитъ употребить, чтобы взойти вверхъ, и замѣтить высоту стоянія ртути въ барометрѣ, давленіе воздуха внизу не перемѣнилось. Если же случится, сошедши съ горы, найти высоту барометра при подошвѣ ея различную отъ прежней; то можно допустить, что сія перемѣна происходила пропорціонально времени. Наприм. пусть

первое наблюденіе внизу было 28,72 дюйм.
второе — — — — вверху —— 27,54 ——
третье— — — — внизу —— 28,81 ——

Слѣдственно давленіе внизу увеличилось на 0,09 дюй. Положимъ, что между первымъ наблюденіемъ и вторымъ прошло 2 часа, а между первымъ и послѣднимъ 3 часа: то, сдѣлавъ пропорцію $3:2=0,09:x$, найдется, что во время втораго наблюденія произошла внизу перемѣна въ высотѣ барометра на $+0,06$ дюйм. Слѣдственно, она была $=28,72+0,06=28,78$ дюйм.

Сдѣлаемъ теперь примѣненіе формулы для опредѣленія высоты горы *Пюи-де-Домъ*, по слѣдующимъ наблюденіямъ Рамона:

Широта L = 45°46′

Мѣста наблюдений.	Показанія барометровъ.	Термометры свободные.	Термометры при баромет.
Клермонъ.	h = 728,52мил.	T = 28°3Ц.	T′ = 24°,7
Вер. Пюи-де-Дома.	hn = 705,65 —	t = 25,5	t' = 27,8

$$T+t = 53°,8;\ T'-t' = -3°,1$$

$$1+\frac{2(T+t)}{1000} = 1,1076;\ 1+\frac{T'-t'}{5550} = 0,99944.$$

$$log.728,52 = 2,86244$$

$$log\,h_n\left(1+\frac{T'-t'}{5550}\right) = \underline{2,84834}$$

$$0,01410$$

$$log.0,002837 = \bar{3},45287$$

$$log.cos\,2L = \underline{\bar{2},42746}$$

$$\bar{5},88033$$

$$log.18393 = 4,20465$$

$$log.0,999925 = \bar{1},99997$$

$$log.1,1076 = 0,04438$$

$$log.0,01410 = \bar{2},14922$$

$$\overline{2,45822}$$

отсюда

X = 287,22 метра.

$$0,002837\,cos\,2L = -0,0000759.$$

$$1+0,002837\,cos2L = 0,999924.$$

Для сокращенія опыхъ вычисленій можно пользоваться весьма простою и очень точною таблицею Ольтманса, помѣщаемою въ ***Annuaire du Bureau des longitudes.*** Она же помѣщена въ *Руководствѣ къ опытной Физикѣ Д. Перевощикова*, стр. 218. Москва, 1833.

ПРИБАВЛЕНІЕ 4. (стран. 2, час. II).

Вотъ на чемъ основано опредѣленіе скорости свѣта: сравнивая между собою затмѣнія одного и того же Юпитерова спутника въ тѣни сей планеты, успѣли опредѣлить съ великою точностію время полнаго обращенія каждаго изъ спутниковъ оной: такъ что,

замѣтивши однажды время затмѣнія одного спутника, можно предсказать напередъ мгновенія всѣхъ послѣдующихъ его затмѣній. Но ежели сравнить начало затмѣнія, найденное по вычисленію, съ видимымъ началомъ затмѣнія, опредѣленнымъ по наблюденію; то всегда найдется между ими значительная разность во времени; начало затмѣнія по наблюденію всегда найдется позже. Сія разность бываетъ болѣе или менѣе велика, смотря потому, больше или менѣе земля бываетъ удалена отъ Юпитера, и бываетъ пропорціональна ихъ взаимному разстоянію. Изъ сего-то и заключили что свѣтъ имѣетъ скорость, и что онъ равномѣрно распространяется. Допустивъ сіе, необходимо слѣдуетъ, что, во время истиннаго мгновенія входа спутника въ тѣнь планеты, мы видимъ его еще внѣ тѣни: ибо въ тоже мгновеніе свѣтъ отъ истиннаго мѣста спутника еще не успѣетъ дойти до насъ.

И такъ, пусть a *есть время истиннаго начала затмѣнія перваго Юпитерова спутника*; t время, употребленное свѣтомъ для достиженія свѣта до земли отъ сего спутника; то $a+t$ *будетъ время видимаго начала затмѣнія.* Пусть также a' и t' суть подобныя же количества для втораго затмѣнія того же спутника: то $a'+t'$ будетъ время видимаго начала втораго затмѣнія. Назовемъ чрезъ d извѣстную разность временъ сихъ видимыхъ затмѣній, получится

$$d = a' + t' - (a + t); \text{ откуда}$$
$$t' - t = d - (a' - a).$$

Астрономическія наблюденія показали, что между каждыми двумя послѣдовательными затмѣніями *перваго* спутника проходитъ почти 42,5 часа: посему, назвавъ чрезъ n число затмѣній, произшедшихъ между двумя

наблюденными, для коихъ извѣстны разстоянія спутника до земли, и предполагая, что предъидущее уравненіе относится къ симъ разстояніямъ, оно сдѣлается

$$t' - t = d - n.42,5$$

Симъ и опредѣлится время которое употребилъ свѣтъ для перехода разности разстояній отъ спутника до земли. А раздѣливъ сію разность на оное время, и получится искомая скорость свѣта. Разность же разстояній опредѣляется изъ астрономическихъ наблюденій и вычисленій.

При сихъ наблюденіяхъ должно стараться, чтобы число n было довольно велико, наприм. 50.

КОНЕЦЪ ПРИБАВЛЕНІЯМЪ.

Погрѣшности въ первой части.

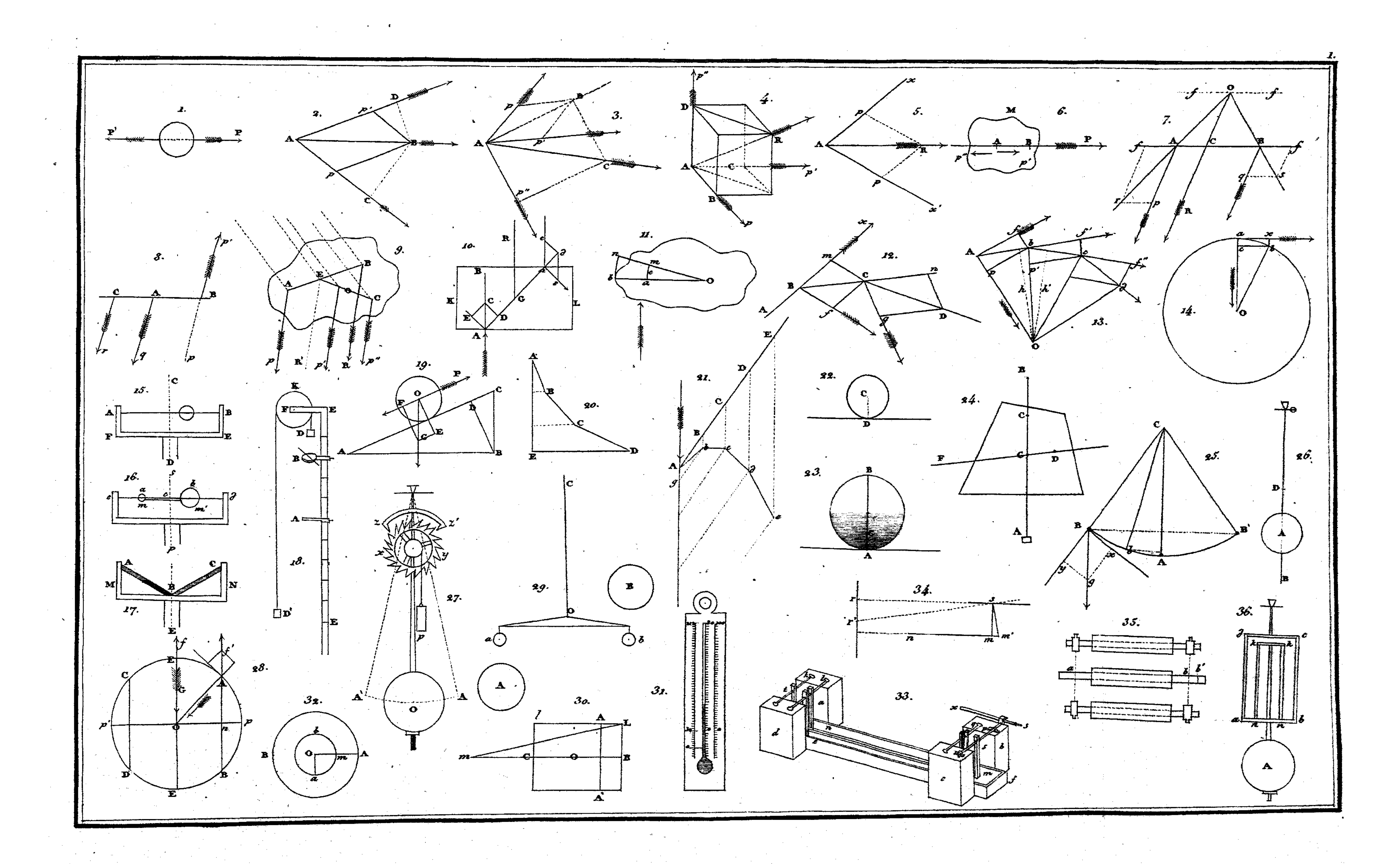
Стран.	Строк.	Напечатано.	Читай.
16	14	тѣхъ	тѣлъ
17	7 сниз.	по какой	по коей
19	2	пропорціональнымъ	пропорціональны
—	10	отвелеченныя	отвлеченныя
27	7 сниз.	$pp'+'p''$	$p+p'+p''$
30	15	до точкѣ	до точки
41	3	называются	называется
46	7	пипи	пути
49	8 сниз.	$t=$	$f=$
67	11 сниз.	притиженія	притяженія
74	2 сниз.	по правленію на	на
80	6 сниз.	попечную	поперечную
82	7 сниз.	30,625	3,0625
83	15 сниз.	южной	сѣверн.
89	12	именное	имяппо
112	3 сниз.	$\frac{1}{22900}$	$\frac{1}{32900}$
120	5	открываются	отрываются
125	12 сниз.	по AC	по AC'
129	1	будетъ	будемъ
142	11	дѣлаетъ	дѣйствуетъ
154	1 сниз.	Mv	Mx
161	12 сниз.	плитпости	плотности
164	18	переходѣ	перехода
172	12	щитать	считать
175	6	дивленіе	давленіе
177	9	фиг. 80	фиг. 82
188	14	тякъ	такъ
193	4 сниз.	точки	точки не
199	7 сниз.	P : P	P : P'
206	5	выразимъ	выразилъ
208	9 сниз.	свѣсимъ	взвѣсимъ
213	5	опредѣлеіи	опредѣленій
223	1 сниз.	1)	2)
232	14 сниз.	Дезоромъ	Дезормъ
260	13 сниз.	оно	онъ
266	6 сниз.	подземляхъ	подземельяхъ
269	4 сниз.	50	20
—	3 сниз.	209,82	239,82
272	9	0,8991	0,08991
274	2 сниз.	будетъ	будемъ
279	6	центриметръ.	центиметръ
280	1 сниз.	пругость	упругость
282	15 сниз.	приполнимъ	припомнимъ
296	2 сниз.	13,39	13,59
—	1 сниз.	409,4	394,8
300	3	входить	возходить
—	11	попротивленіе	сопротивленіе

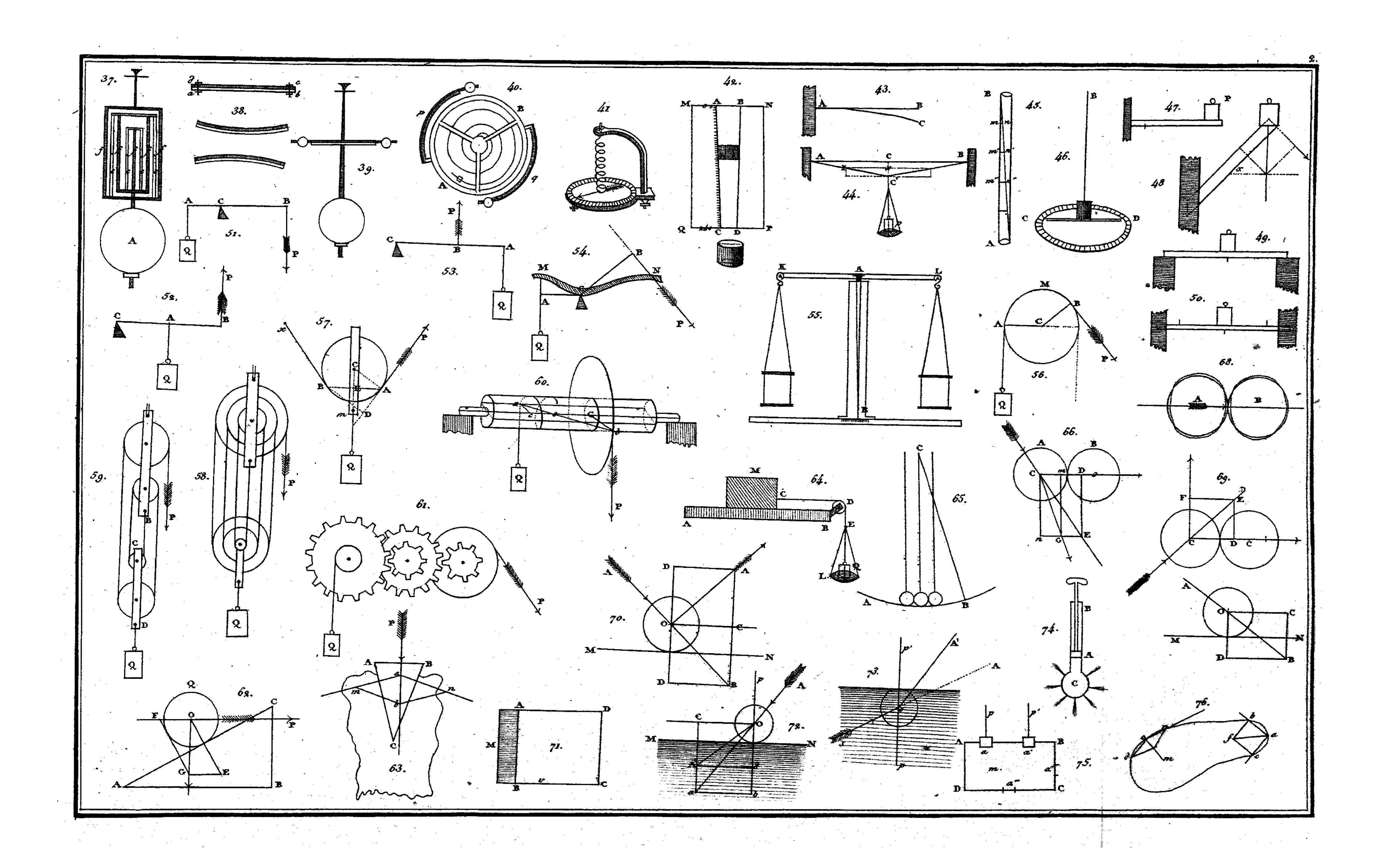
302	7 сниз.	$=^{1}$	$=\frac{1}{24}$
312	16	сжатіе	сжатія
327	1 сниз.	вставляетъ	вставляютъ
331	11 сниз.	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{4}$
342	2	4, $\frac{3}{5}$,	$\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$,
—	4	трубахъ	трубъ

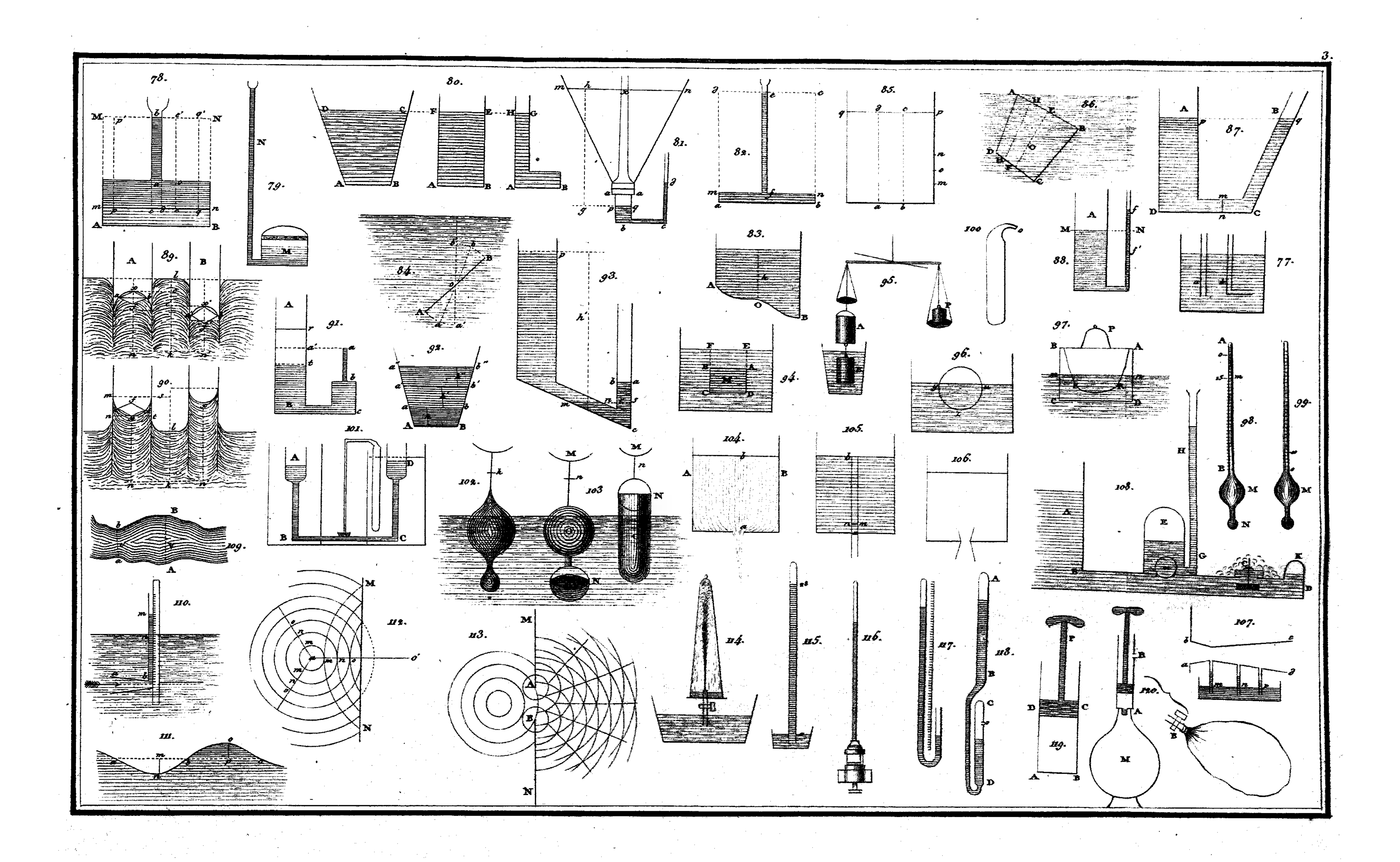
Погрѣшности во второй части.

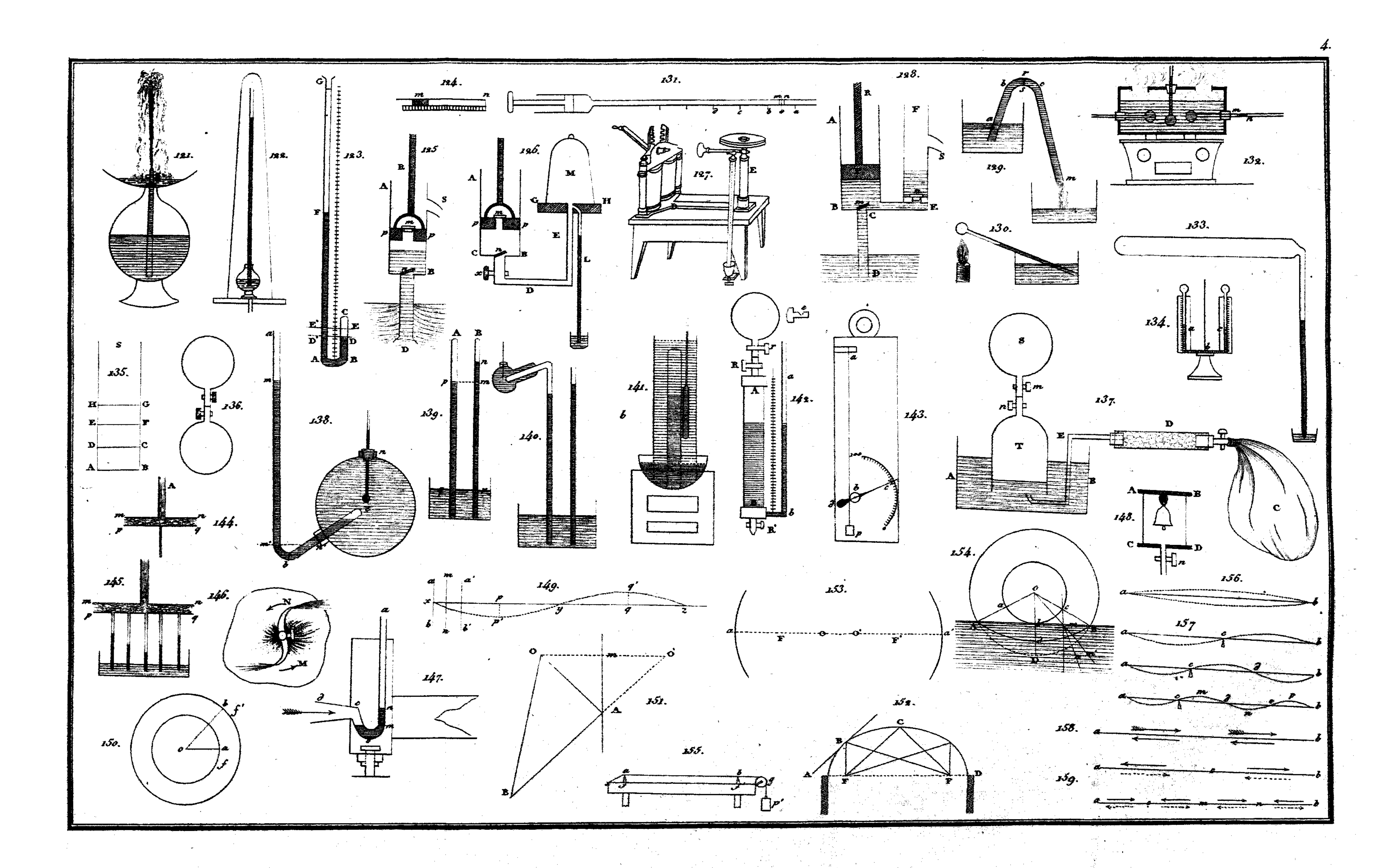
15	5	BOS	COS
16	1	$2i'+2i$	$2i'-2i$
21	13	предмета	предметъ
25	17	состояніе	состояніи
33	7	горячія	горючія
41	2 сниз.	$-ab$	$-ab^2$
49	7	фочусу	фокусу
—	14	фиг. 260	фиг. 210
69	2	фиг. 225	фиг. 226
72	14	будутъ	будутъ отражать
105	9 сниз.	$\frac{1}{F}=\frac{1}{F'}$	$\frac{1}{F}+\frac{1}{F'}$
111	17	зеркалу DF	зеркалу DE
122	4	къ точкѣ	въ точкѣ
123	8 сниз.	фиг. 249	фиг. 248
135	10	рядъ	ряды
136	9 сниз.	въ покое	въ покоѣ
138	2	копьца	кольца
156	9	HOV	HOF
—	11	Ha	Fa
159	8 сниз.	34°25′	54°35′
165	5	весь	весь свѣтъ
187	5 сниз.	при 0°	при 11°
—	4 сниз.	при 11°	при 0°
189	14 сниз.	оси CK	оси CK ;
199	10	$\frac{1}{75}\frac{p'}{pt}$	$\frac{75p'}{pt}$
200	15	$t'>t$	$t'<t$
201	9 сниз.	оной	оную
202	1	M, M,	M, M′;
210	8 сниз.	фиг. 274	фиг. 276
220	13 сниз.	мѣньшомъ	меньшемъ
223	16 сниз.	привѣшивамъ	привѣшивалъ
226	16	будетъ	будемъ
—	17	теплоекость	теплоемкость
231	13	5,50	550
235	3 сниз.	накопенія	наклоненія
236	1	теплоты	теплота
—	1 сниз.	солнце	солнца
240	10	тросическихъ	тропическихъ
243	3 сниз.	стаять	стоять

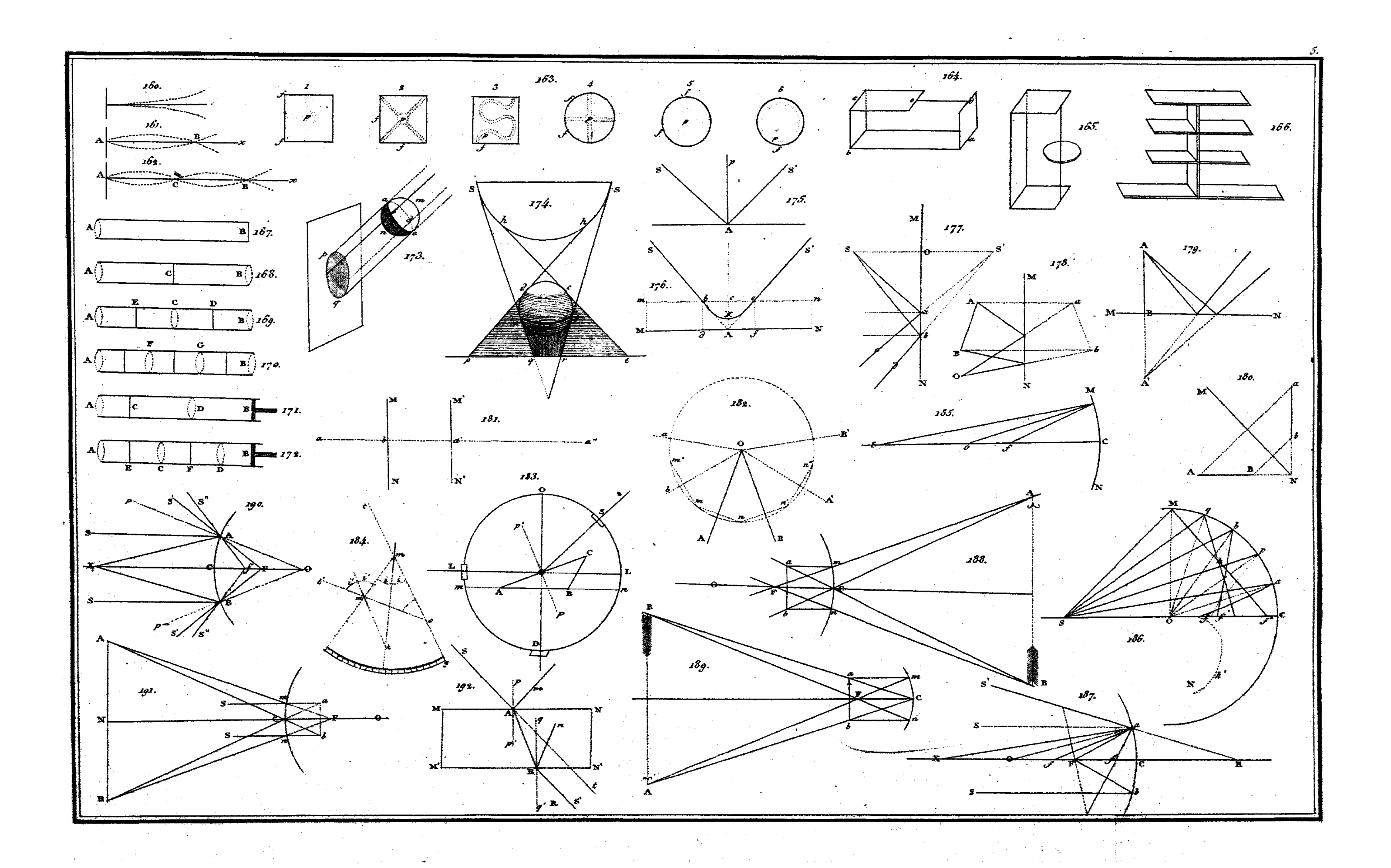
248	5	сниз.	рѣка,ми	рѣками,
270	11	сниз.	= 14	= 140
283	12		силу	силу;
283	3		— Е на	+ Е на
295	10		отзываются	открываются
300	9	сниз.	листоваго	листоватаго
308	5		а симъ	а самъ
312	7		образряженіе	об. разряженіе
329	2	сниз.	одною	одного
334	4	сниз.	полюса;	полюса; а въ другой
			проволоку	положител. полюса;
346	10	сниз.	про-	проволоки
355	2	сниз.	разнородными	однородными
379	13		дѣла	дѣлала

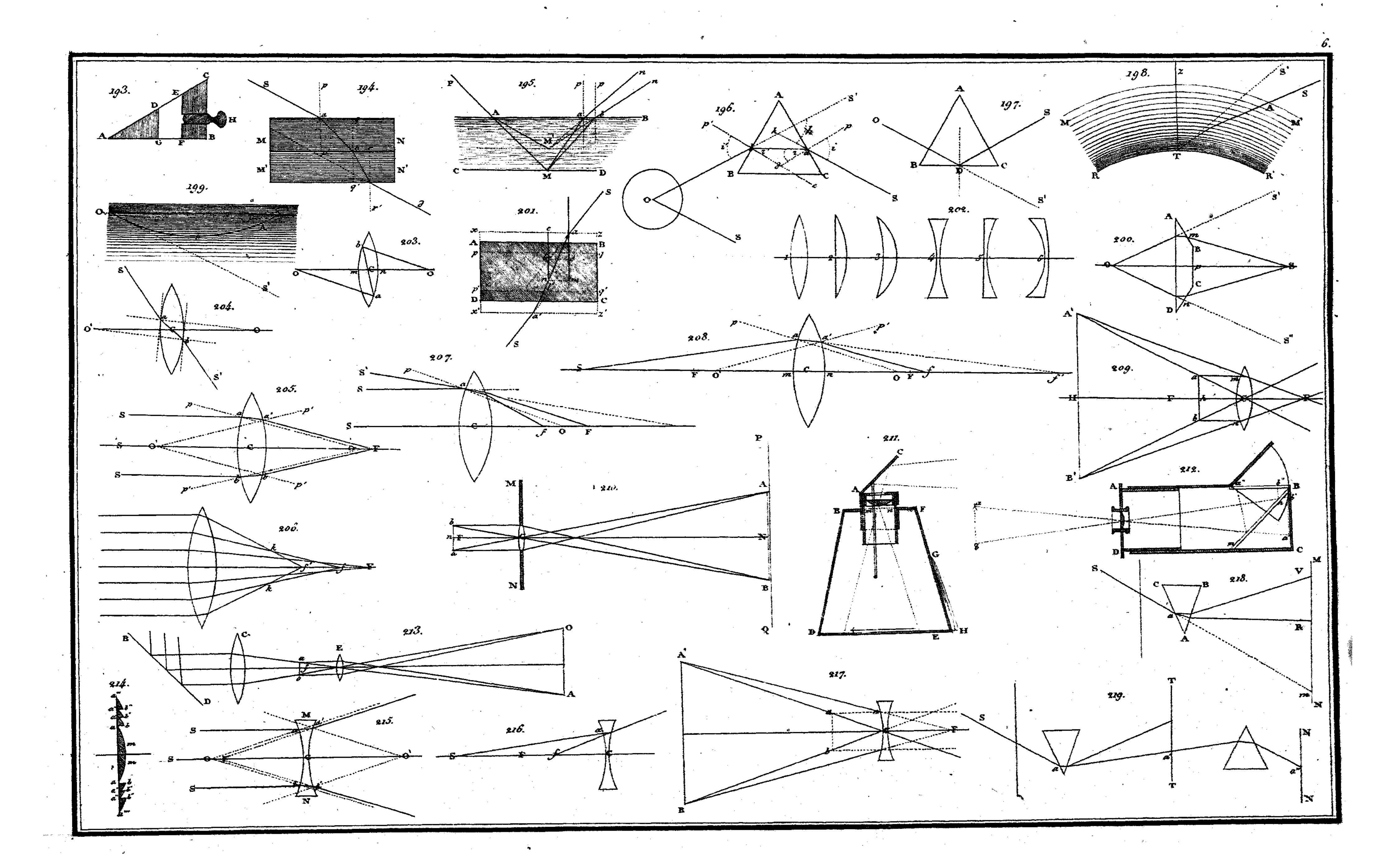


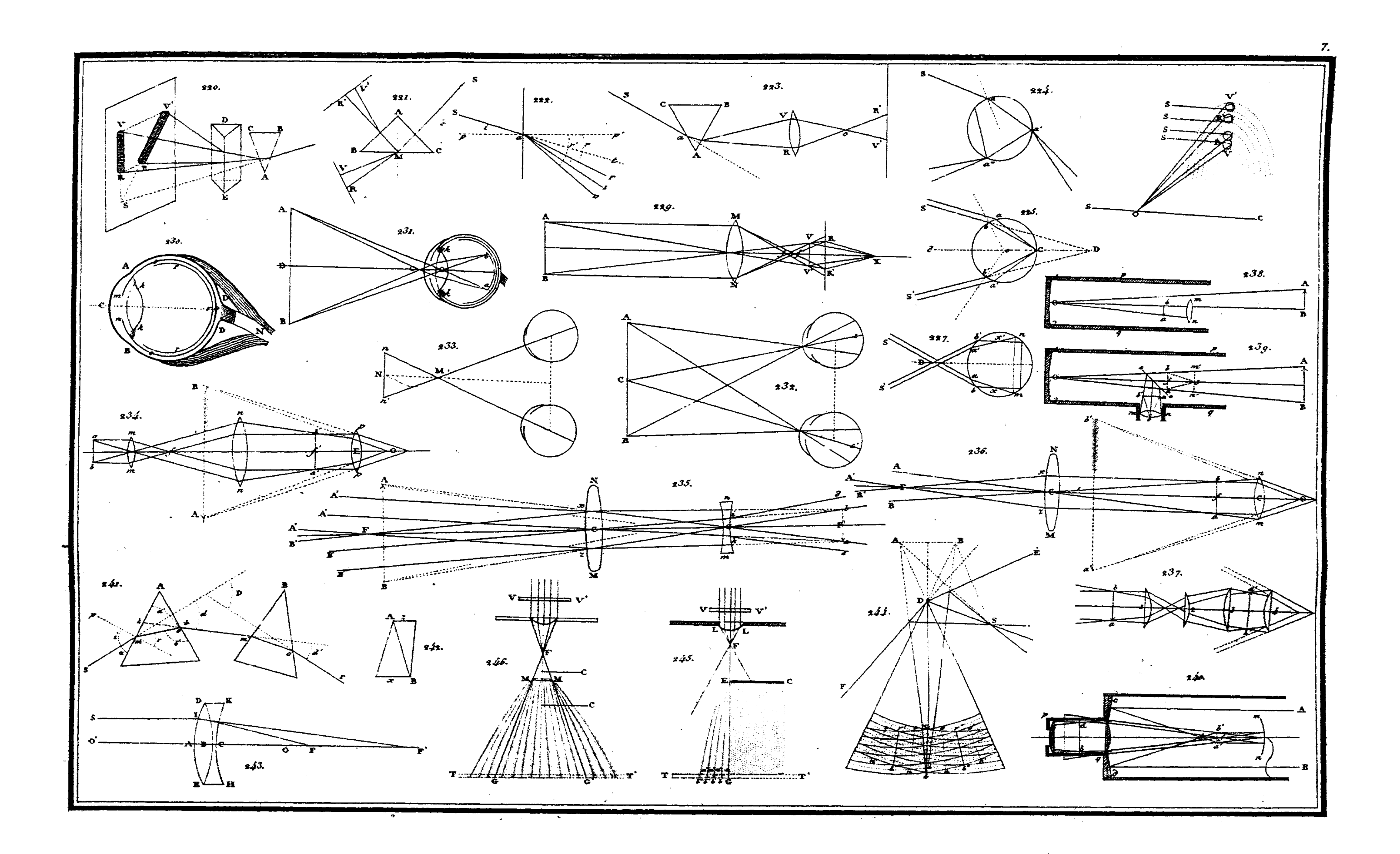

2.
37.
38.
39.
40.
41.
42.
43.
44.
45.
46.
47.
48.
49.
50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.
58.
59.
60.
61.
62.
63.
64.
65.
66.
68.
69.
70.
71.
72.
73.
74.
75.
76.

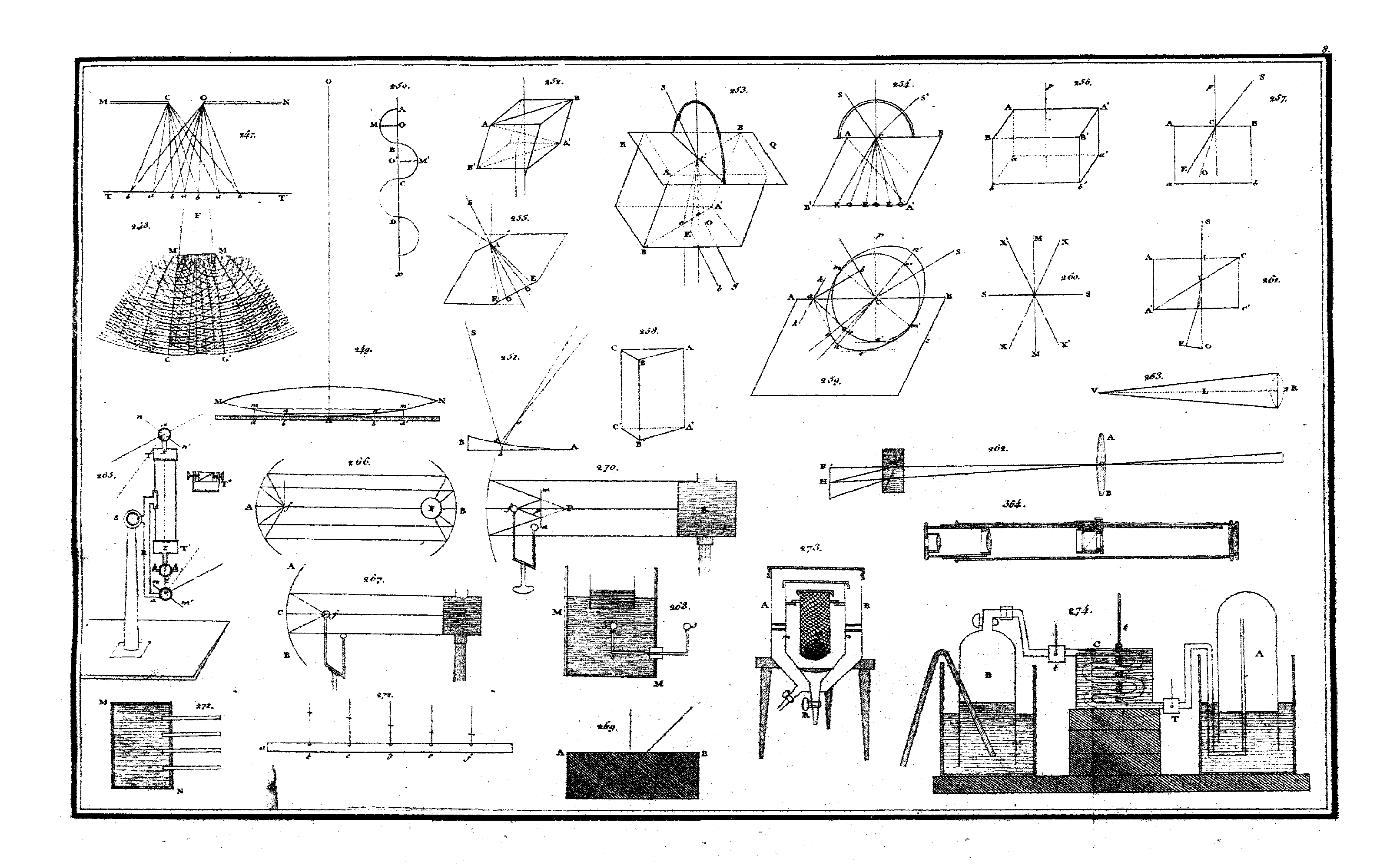


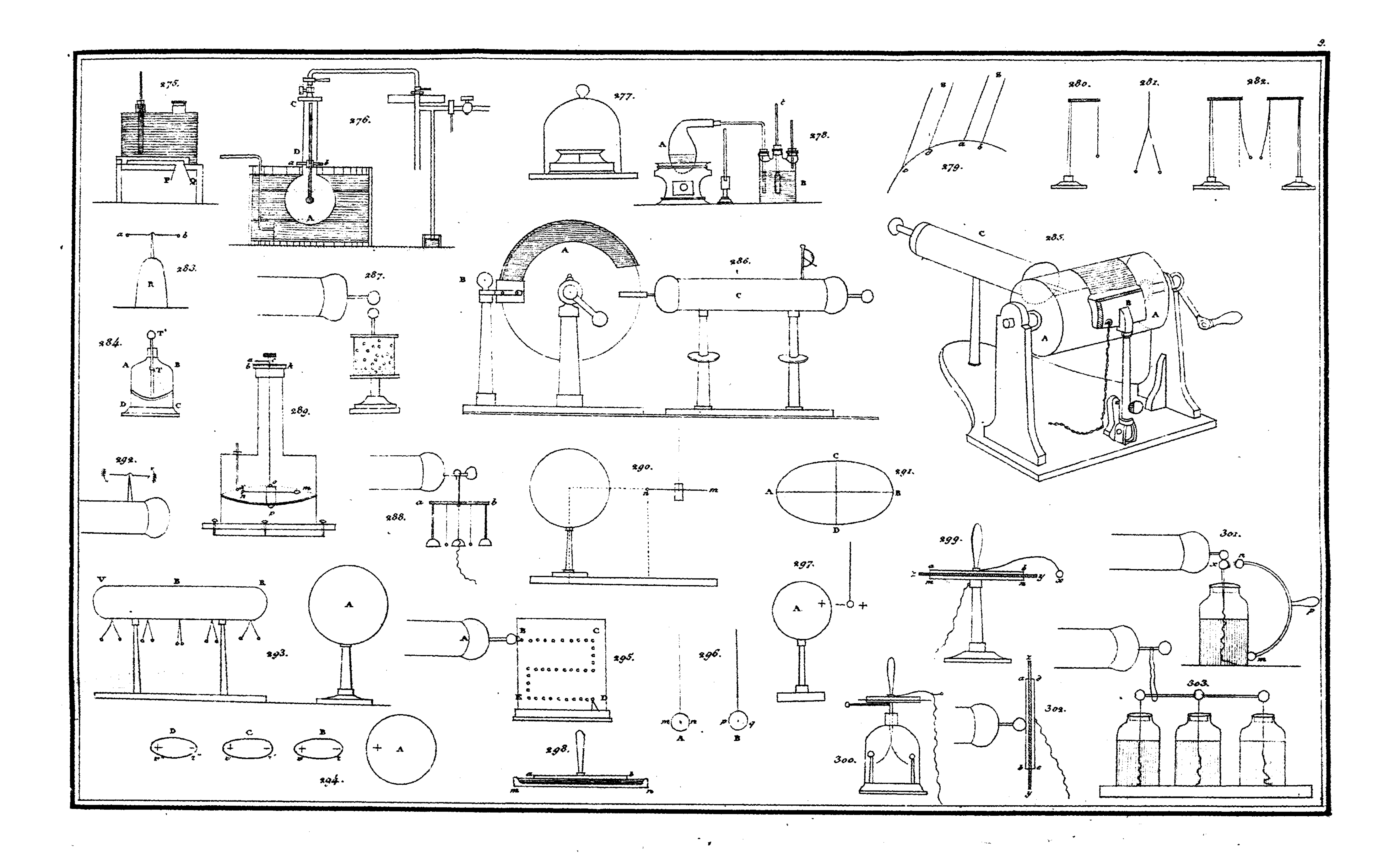


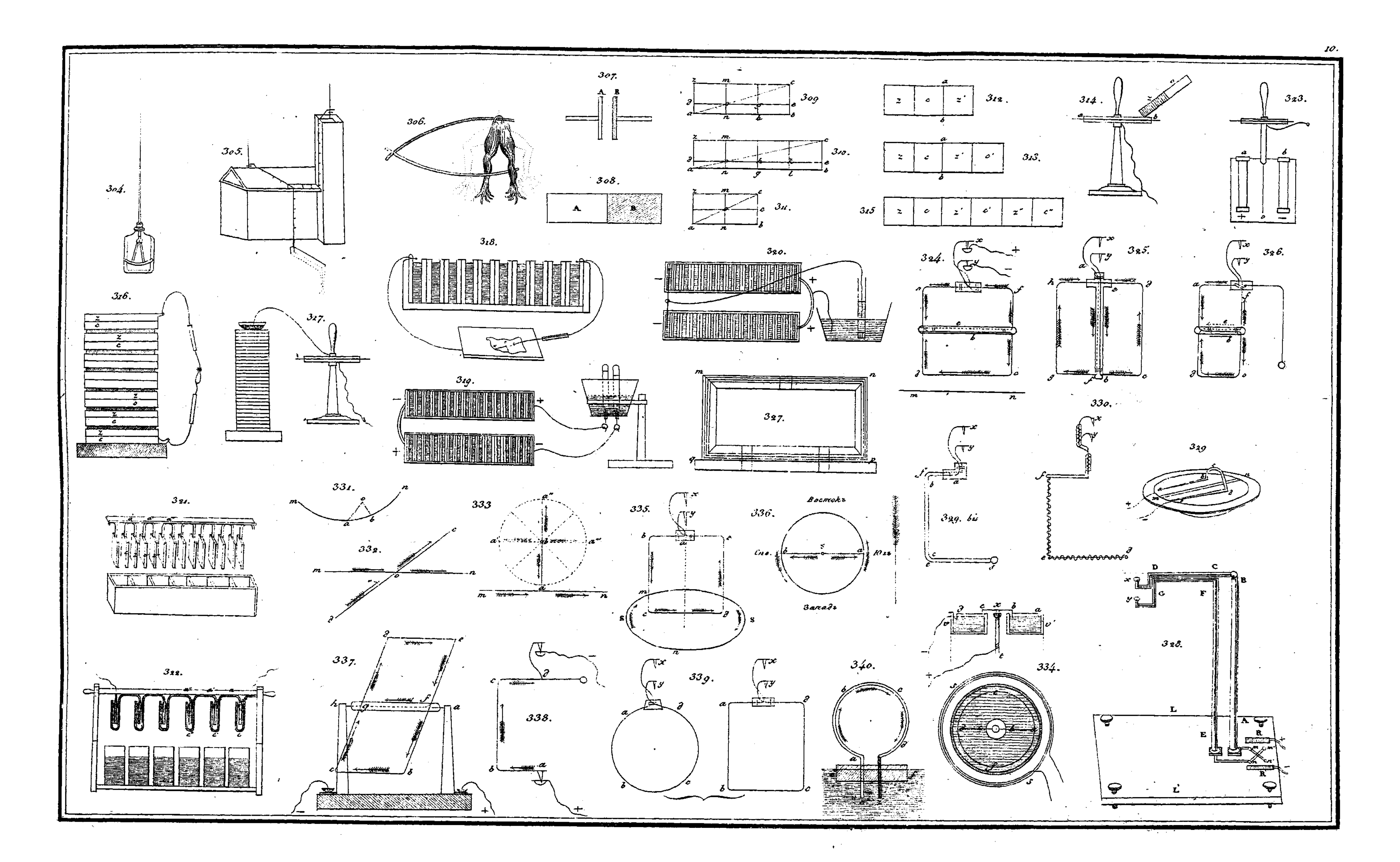


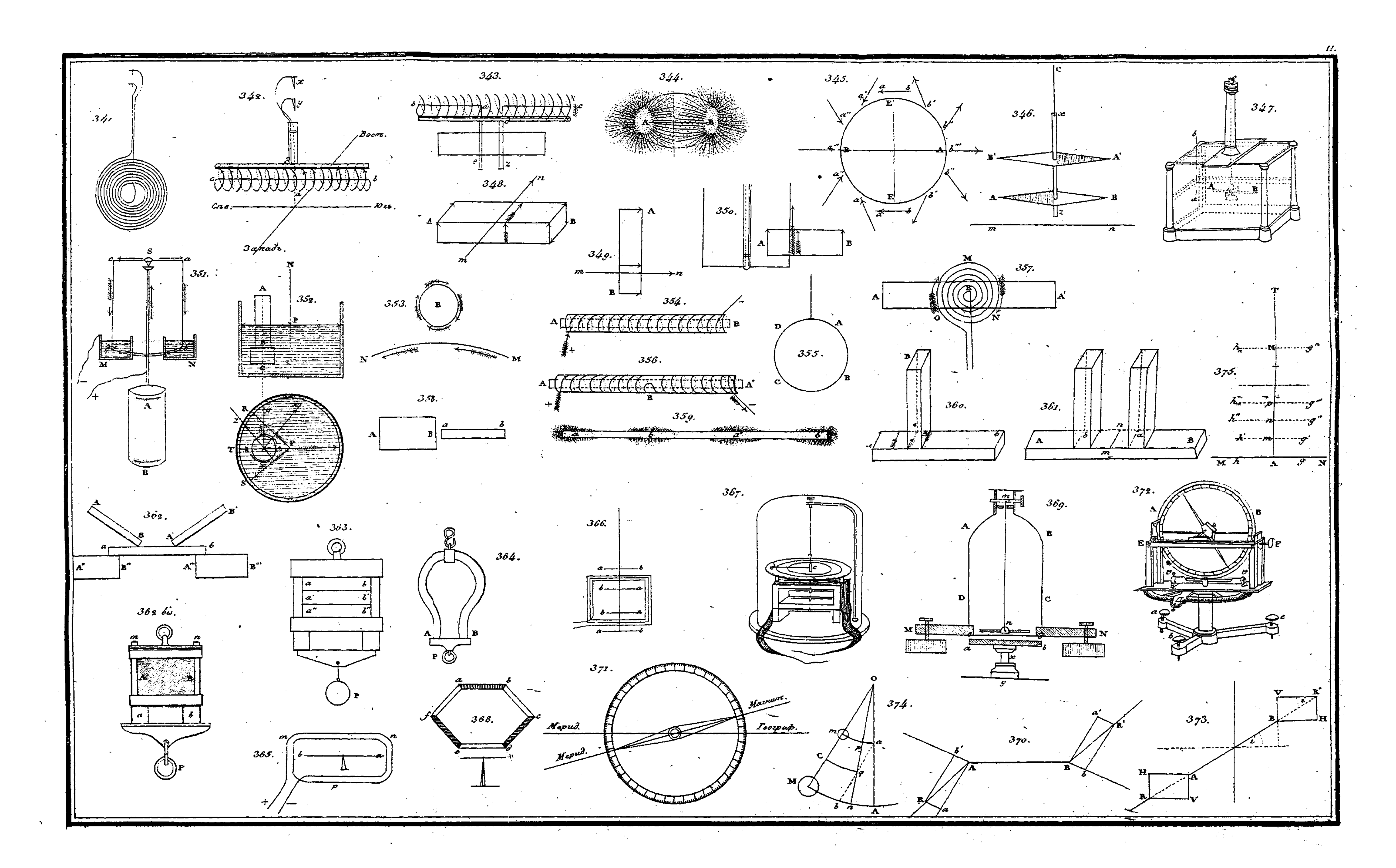



220.
221.
222.
223.
224.
225.
227.
229.
230.
231.
232.
233.
234.
235.
236.
237.
238.
239.
240.
241.
242.
243.
244.
245.
246.




275.
276.
277.
278.
279.
280.
281.
282.
283.
284.
285.
286.
287.
288.
289.
290.
291.
292.
293.
294.
295.
296.
297.
298.
299.
300.
301.
302.
303.





11.
341.
342.
343.
344.
345.
346.
347.
Вост.
Западъ.
348.
349.
350.
351.
352.
353.
354.
355.
356.
357.
358.
359.
360.
361.
362.
362 bis.
363.
364.
365.
366.
367.
368.
369.
370.
371.
372.
373.
374.
375.
Магнит.
Мерид.
Географ.